



Universitat de Lleida

# TREBALL FINAL DE GRAU



ESCOLA  
POLITÀCNICA SUPERIOR  
UNIVERSITAT DE LLEIDA  
INSPIRING THE FUTURE

**Estudiant:** Santiago Maestro Balaguer

**Titulació:** Grau en Enginyeria Mecànica

**Títol de Treball Final de Grau:** Disseny d'un dispositiu elevador de càrregues pesades per a països subdesenvolupats i zones de difícil accés per maquinària habitual

**Director/a:** Miquel Nogués Aymamí

**Presentació**

**Mes:** Juliol

**Any:** 2018





## **0. ÍNDEX GENERAL**



## ÍNDEX GENERAL DEL PROJECTE

<b>0. ÍNDEX GENERAL .....</b>	<b>2</b>
<b>1. MEMÒRIA .....</b>	<b>11</b>
1.0 FULL IDENTIFICATIU .....	19
1.0.1 Títol del projecte .....	19
1.0.2 Dades de l'autor .....	19
1.0.3 Dades del director del projecte .....	19
1.1 OBJECTE .....	20
1.2 ABAST .....	21
1.3 ANTECEDENTS.....	22
1.3.1 Motivacions .....	22
1.3.2 Estudis previs .....	22
1.3.2.1 Principals teories de la construcció de les piràmides .....	22
1.3.2.2 Aparició del dispositiu elevador de pesos "Herminio" .....	26
1.3.2.3 Construcció en els països subdesenvolupats .....	34
1.3.2.4 Construcció en zones de difícil accés .....	36
1.4 NORMES I REFERÈNCIES .....	38
1.4.1 Disposicions legals i normes aplicades .....	38
1.4.2 Programes utilitzats .....	38
1.4.3 Bibliografia.....	39
1.5 DEFINICIONS I ABREVIACIONS.....	42
1.6 REQUERIMENTS DE DISSENY .....	46
1.6.1 Introducció al disseny.....	46
1.6.2 Requeriments funcionals .....	46





---

1.6.3	Requeriments dimensionals i de geometria.....	48
1.6.4	Requeriments de les propietats mecàniques.....	49
1.6.5	Requeriments de viabilitat.....	49
1.6.6	Requeriments de seguretat .....	50
1.7	ANÀLISI DE SOLUCIONS .....	51
1.7.1	Concepte general del nou disseny .....	51
1.7.2	Guia .....	51
1.7.2.1	Disseny general.....	51
1.7.2.1.1	Primera opció .....	51
1.7.2.1.2	Segona opció.....	53
1.7.2.1.3	Opció seleccionada com a solució .....	54
1.7.2.2	Disseny detallat: Estructura .....	55
1.7.2.2.1	Primera opció .....	55
1.7.2.2.2	Segona opció.....	57
1.7.2.2.3	Tercera opció .....	59
1.7.2.2.4	Opció seleccionada com a solució .....	61
1.7.2.3	Disseny detallat: Fixació de les lleves .....	62
1.7.2.3.1	Primera opció .....	62
1.7.2.3.2	Segona opció.....	64
1.7.2.3.3	Tercera opció .....	66
1.7.2.3.4	Opció seleccionada com a solució .....	68
1.7.2.4	Disseny detallat: Base i suports de la guia .....	69
1.7.2.4.1	Primera opció .....	69
1.7.2.4.2	Segona opció.....	72
1.7.2.4.3	Tercera opció .....	75



---

1.7.2.4.4	Opció seleccionada com a solució .....	77
1.7.2.5	Disseny detallat: Extrem de descàrrega .....	78
1.7.3	Llevs .....	79
1.7.3.1	Disseny general.....	79
1.7.3.2	Disseny detallat: Lleves Tipus-I.....	79
1.7.3.3	Disseny detallat: Lleves Tipus-II.....	81
1.7.3.3.1	Primera opció .....	81
1.7.3.3.2	Segona opció.....	83
1.7.3.3.3	Opció seleccionada com a solució .....	85
1.7.4	Cos.....	86
1.7.4.1	Disseny general.....	86
1.7.4.1.1	Primera opció .....	86
1.7.4.1.2	Segona opció.....	88
1.7.4.1.3	Opció seleccionada com a solució .....	90
1.7.4.2	Disseny detallat: Contacte entre orelles i palanques .....	91
1.7.4.2.1	Primera opció .....	91
1.7.4.2.2	Segona opció.....	93
1.7.4.2.3	Opció seleccionada com a solució .....	95
1.7.4.3	Disseny detallat: Safata .....	96
1.7.4.3.1	Primera opció .....	96
1.7.4.3.2	Segona opció.....	98
1.7.4.3.3	Opció seleccionada com a solució .....	100
1.7.5	Palanca .....	101
1.7.5.1	Disseny general.....	101
1.7.5.1.1	Primera opció .....	101



---

1.7.5.1.2	Segona opció.....	103
1.7.5.1.3	Opció seleccionada com a solució .....	105
1.7.6	Material .....	106
1.7.6.1	Tipus de material .....	106
1.7.6.2	La fusta com a material ortotròpic.....	107
1.7.6.2.1	Comportament de la fusta: Tracció.....	108
1.7.6.2.2	Comportament de la fusta: Compensació.....	109
1.7.6.2.3	Comportament de la fusta: Flexió.....	110
1.7.6.2.4	Comportament de la fusta: Efecte de vincament .....	111
1.7.6.2.5	Comportament de la fusta: Cisallament.....	112
1.7.6.3	Primera opció: Fusta d'abet.....	113
1.7.6.4	Segona opció: Fusta de pi.....	115
1.7.6.5	Tercera opció: Fusta de roure .....	117
1.7.6.6	Opció seleccionada com a solució.....	119
1.8	RESULTATS FINALS .....	121
<b>2.</b>	<b>ANNEXOS .....</b>	<b>124</b>
2.1	ANNEX I: Anàlisi estàtic del mecanisme.....	131
2.1.1	Introducció.....	131
2.1.2	Determinació de punts i distàncies necessàries en els càlculs.....	132
2.1.3	Càlcul de les forces de contacte i friccions.....	134
2.1.4	Anàlisi dels resultats obtinguts .....	142
2.2	Annex II: Anàlisi dinàmic del mecanisme .....	143
2.2.1	Introducció.....	143
2.2.2	Determinació de punts i distàncies necessàries en els càlculs.....	144
2.2.3	Càlcul de les forces de contacte i friccions.....	149



---

2.2.4	Anàlisi dels resultats obtinguts .....	161
2.3	ANNEX III: Càlcul de les forces, desplaçaments i girs l'estructura de la guia .....	162
2.3.1	Introducció .....	162
2.3.2	Anàlisi de l'estructura I: Elevació del cos de 10 metres.....	163
2.3.2.1	Caracterització de l'estructura .....	163
2.3.2.2	Càlcul de l'estructura mitjançant el mètode analític .....	166
2.3.2.3	Resultats obtinguts en la simulació.....	181
2.3.2.4	Anàlisi dels resultats obtinguts .....	184
2.3.3	Anàlisi de l'estructura II: Elevació del cos de 8 metres .....	185
2.3.3.1	Caracterització de l'estructura .....	185
2.3.3.2	Resultats obtinguts en la simulació.....	188
2.3.3.3	Anàlisi dels resultats obtinguts .....	191
2.3.4	Anàlisi de l'estructura III: Elevació del cos de 6 metres .....	192
2.3.4.1	Caracterització de l'estructura .....	192
2.3.4.2	Resultats obtinguts en la simulació.....	195
2.3.4.3	Anàlisi dels resultats obtinguts .....	198
2.3.5	Anàlisi de l'estructura IV: Elevació del cos de 4 metres.....	199
2.3.5.1	Caracterització de l'estructura .....	199
2.3.5.2	Resultats obtinguts en la simulació.....	202
2.3.5.3	Anàlisi dels resultats obtinguts .....	205
<b>3.</b>	<b>PLEC DE CONDICIONS.....</b>	<b>207</b>
3.1	OBJECTIU DEL PLEC DE CONDICIONS .....	209
3.2	BREU DESCRIPCIÓ DEL DISPOSITIU .....	209
3.3	REGLAMENTACIÓ I NORMATIVA APLICABLE.....	210
3.3.1	Components de seguretat .....	210



---

3.3.2	Qualitat del producte .....	210
3.3.3	Recomanacions i normes de no obligat compliment.....	210
3.4	CONDICIONS TÈCNIQUES I ESPECIFICACIONS DELS MATERIALS .....	211
3.4.1	Fusta d'abet .....	211
3.4.2	Fusta de pi .....	212
3.4.3	Adhesiu industrial .....	213
3.4.4	Definició del material de la simulació.....	214
3.5	PROCÉS DE PRODUCCIÓ DEL DISPOSITIU .....	216
3.5.1	Primera zona de treball.....	217
3.5.2	Segona zona de treball.....	219
3.5.3	Tercera zona de treball .....	220
3.6	RESPONSABILITATS.....	221
3.7	PROPIETAT INTEL·LECTUAL .....	222
3.8	GARANTIA .....	223
3.9	CONDICIONS ECONÒMIQUES .....	224
3.9.1	Condicions de pagament .....	224
3.9.2	Augment de preus.....	224
3.9.3	Contribució i impost.....	224
<b>4.</b>	<b>ESTAT D'AMIDAMENTS .....</b>	<b>226</b>
4.1	INTRODUCCIÓ .....	228
4.2	LLISTAT D'ELEMENTS I QUANTITATS.....	229
4.2.1	Elements per la fabricació del cos.....	229
4.2.2	Elements per la fabricació de la guia d'elevació de 10 m.....	233
4.2.3	Elements per la fabricació de la guia d'elevació de 8 m.....	235
4.2.4	Elements per la fabricació de la guia d'elevació de 6 m.....	237



---

4.2.5	Elements per la fabricació de la guia d'elevació de 4 m.....	239
<b>5.</b>	<b>PRESSUPOST .....</b>	<b>242</b>
5.1	INTRODUCCIÓ .....	244
5.2	LLISTA D'ELEMENTS, QUANTITATS I COSTOS .....	245
5.2.1	Elements per la fabricació del cos.....	245
5.2.2	Elements per la fabricació de la guia d'elevació de 10 m.....	249
5.2.3	Elements per la fabricació de la guia d'elevació de 8 m.....	251
5.2.4	Elements per la fabricació de la guia d'elevació de 6 m.....	253
5.2.5	Elements per la fabricació de la guia d'elevació de 4 m.....	255
5.3	LLISTA DE PRESSUPOSTS DELS DIVERSOS CONJUNTS .....	257
5.3.1	Cos i guia de 10 m d'elevació .....	257
5.3.2	Cos i guia de 8 m d'elevació .....	258
5.3.3	Cos i guia de 6 m d'elevació .....	259
5.3.4	Cos i guia de 4 m d'elevació .....	260
5.4	RESUM DELS PRESSUPOSTS .....	261
5.4.1	Resum pressupost del cos i guia de 10 m d'elevació .....	261
5.4.2	Resum pressupost del cos i guia de 8 m d'elevació .....	262
5.4.3	Resum pressupost del cos i guia de 6 m d'elevació .....	263
5.4.4	Resum pressupost del cos i guia de 4 m d'elevació .....	264
<b>6.</b>	<b>PLÀNOLS.....</b>	<b>265</b>





# 1. MEMÒRIA





## ÍNDIX DE LA MEMÒRIA

<b>1. MEMÒRIA .....</b>	<b>11</b>
1.0 FULL IDENTIFICATIU .....	19
1.0.1 Títol del projecte .....	19
1.0.2 Dades de l'autor .....	19
1.0.3 Dades del director del projecte .....	19
1.1 OBJECTE.....	20
1.2 ABAST.....	21
1.3 ANTECEDENTS .....	22
1.3.1 Motivacions .....	22
1.3.2 Estudis previs .....	22
1.3.2.1 Principals teories de la construcció de les piràmides .....	22
1.3.2.2 Aparició del dispositiu elevador de pesos "Herminio" .....	26
1.3.2.3 Construcció en els països subdesenvolupats .....	34
1.3.2.4 Construcció en zones de difícil accés .....	36
1.4 NORMES I REFERÈNCIES .....	38
1.4.1 Disposicions legals i normes aplicades .....	38
1.4.2 Programes utilitzats .....	38
1.4.3 Bibliografia.....	39
1.5 DEFINICIONS I ABREVIACIONS .....	42
1.6 REQUERIMENTS DE DISSENY .....	46
1.6.1 Introducció al disseny .....	46
1.6.2 Requeriments funcionals .....	46
1.6.3 Requeriments dimensionals i de geometria.....	48



---

1.6.4	Requeriments de les propietats mecàniques .....	49
1.6.5	Requeriments de viabilitat.....	49
1.6.6	Requeriments de seguretat .....	50
1.7	ANÀLISI DE SOLUCIONS .....	51
1.7.1	Concepte general del nou disseny .....	51
1.7.2	Guia .....	51
1.7.2.1	Disseny general .....	51
1.7.2.1.1	Primera opció.....	51
1.7.2.1.2	Segona opció.....	53
1.7.2.1.3	Opció seleccionada com a solució .....	54
1.7.2.2	Disseny detallat: Estructura .....	55
1.7.2.2.1	Primera opció.....	55
1.7.2.2.2	Segona opció.....	57
1.7.2.2.3	Tercera opció .....	59
1.7.2.2.4	Opció seleccionada com a solució .....	61
1.7.2.3	Disseny detallat: Fixació de les lleves .....	62
1.7.2.3.1	Primera opció.....	62
1.7.2.3.2	Segona opció.....	64
1.7.2.3.3	Tercera opció .....	66
1.7.2.3.4	Opció seleccionada com a solució.....	68
1.7.2.4	Disseny detallat: Base i suports de la guia.....	69
1.7.2.4.1	Primera opció.....	69
1.7.2.4.2	Segona opció.....	72
1.7.2.4.3	Tercera opció .....	75
1.7.2.4.4	Opció seleccionada com a solució.....	77



---

1.7.2.5 Disseny detallat: Extrem de descàrrega .....	78
1.7.3 Llevs .....	79
1.7.3.1 Disseny general .....	79
1.7.3.2 Disseny detallat: Lleves Tipus-I .....	79
1.7.3.3 Disseny detallat: Lleves Tipus-II .....	81
1.7.3.3.1 Primera opció .....	81
1.7.3.3.2 Segona opció .....	83
1.7.3.3.3 Opció seleccionada com a solució .....	85
1.7.4 Cos .....	86
1.7.4.1 Disseny general .....	86
1.7.4.1.1 Primera opció .....	86
1.7.4.1.2 Segona opció .....	88
1.7.4.1.3 Opció seleccionada com a solució .....	90
1.7.4.2 Disseny detallat: Contacte entre orelles i palanques .....	91
1.7.4.2.1 Primera opció .....	91
1.7.4.2.2 Segona opció .....	93
1.7.4.2.3 Opció seleccionada com a solució .....	95
1.7.4.3 Disseny detallat: Safata .....	96
1.7.4.3.1 Primera opció .....	96
1.7.4.3.2 Segona opció .....	98
1.7.4.3.3 Opció seleccionada com a solució .....	100
1.7.5 Palanca .....	101
1.7.5.1 Disseny general .....	101
1.7.5.1.1 Primera opció .....	101
1.7.5.1.2 Segona opció .....	103

---

1.7.5.1.3	Opció seleccionada com a solució .....	105
1.7.6	Material .....	106
1.7.6.1	Tipus de material.....	106
1.7.6.2	La fusta com a material ortotròpic .....	107
1.7.6.2.1	Comportament de la fusta: Tracció .....	108
1.7.6.2.2	Comportament de la fusta: Compressió.....	109
1.7.6.2.3	Comportament de la fusta: Flexió .....	110
1.7.6.2.4	Comportament de la fusta: Efecte de vinclament .....	111
1.7.6.2.5	Comportament de la fusta: Cisallament.....	112
1.7.6.3	Primera opció: Fusta d'abet .....	113
1.7.6.4	Segona opció: Fusta de pi .....	115
1.7.6.5	Tercera opció: Fusta de roure .....	117
1.7.6.6	Opció seleccionada com a solució .....	119
1.8	RESULTATS FINALS .....	121

## ÍNDIX DE LES FIGURES DE LA MEMÒRIA

<b>Fig.1.1</b> Sistema elevació de pedres antic.....	23
<b>Fig.1.2</b> Rampa per arribar al cim de la piràmide.....	24
<b>Fig.1.3</b> Rampa que envolta la piràmide.....	24
<b>Fig.1.4</b> Disposició rampa interior.....	25
<b>Fig.1.5</b> Simulació gir de les pedres.....	25
<b>Fig.1.6</b> Anàlisi de cavitats de la piràmide.....	25
<b>Fig.1.7</b> Cos dispositiu “Herminio” .....	26
<b>Fig.1.8</b> Esquematització cos “Herminio” .....	27
<b>Fig.1.9</b> Lleva Tipus-I “Herminio”.....	28
<b>Fig.1.10</b> Lleva Tipus-II i Tipus-III “Herminio”.....	28
<b>Fig.1.10</b> Modelat guia “Herminio”.....	28
<b>Fig.1.12</b> Esquematització guia “Herminio”.....	28
<b>Fig.1.13</b> Modelat escala central “Herminio”.....	29
<b>Fig.1.14</b> Esquematització escala central “Herminio”.....	29
<b>Fig.1.15</b> Modelat palanca “Herminio”.....	30
<b>Fig.1.16</b> Modelat muntatge “Herminio”.....	30
<b>Fig.1.17</b> Modelat muntatge amb palanques “Herminio”.....	31
<b>Fig.1.18</b> Detall muntatge palanca en cos “Herminio”.....	31
<b>Fig.1.19</b> Procés lliscament de lleves dispositiu “Herminio”.....	32
<b>Fig.1.20</b> Procés elevació “Herminio”.....	33
<b>Fig.1.21</b> Condicions de construcció en països subdesenvolupats.....	35
<b>Fig.1.22</b> Construcció en condicions extremes.....	35
<b>Fig.1.23</b> Edificis en mal estat.....	36

---

<b>Fig.1.24</b> Edificis després de desastre natural.....	37
<b>Fig.1.25</b> Primera opció disseny general guia.....	49
<b>Fig.1.26</b> Segona opció disseny general guia.....	50
<b>Fig.1.27</b> Primera opció disseny detallat estructura.....	53
<b>Fig.1.28</b> Segona opció disseny detallat estructura.....	55
<b>Fig.1.29</b> Tercera opció disseny detallat estructura.....	57
<b>Fig.1.30</b> Primera opció fixació lleves.....	60
<b>Fig.1.31</b> Segona opció fixació lleves.....	61
<b>Fig.1.32</b> Tercera opció fixació lleves.....	64
<b>Fig.1.33</b> Primera opció base i suports guia .....	67
<b>Fig.1.34</b> Vista detallada primera opció base i suports guia .....	68
<b>Fig.1.35</b> Segona opció base i suports guia .....	70
<b>Fig.1.36</b> Vista detallada segona opció base i suports guia .....	71
<b>Fig.1.37</b> Tercera opció base i suports guia .....	73
<b>Fig.1.38</b> Opció extrem descàrrega guia .....	75
<b>Fig.1.39</b> Opció lleves Tipus-I .....	77
<b>Fig.1.40</b> Primera opció LLEVES Tipus-II.....	79
<b>Fig.1.41</b> Primera opció LLEVES Tipus-II.....	81
<b>Fig.1.42</b> Primera opció disseny general cos.....	84
<b>Fig.1.43</b> Segona opció disseny general cos.....	86
<b>Fig.1.44</b> Primera opció contacte orelles-cos.....	89
<b>Fig.1.45</b> Segona opció contacte orelles-cos.....	91
<b>Fig.1.46</b> Primera opció safata cos.....	94
<b>Fig.1.47</b> Segona opció safata cos.....	96
<b>Fig.1.48</b> Primera opció palanca.....	99

---

<b>Fig.1.49</b> Segona opció palanca.....	101
<b>Fig.1.50</b> Direcció eixos ortotròpics.....	104
<b>Fig.1.51</b> Comportament fusta esforç de tracció.....	105
<b>Fig.1.52</b> Comportament fusta esforç de compressió.....	106
<b>Fig.1.53</b> Comportament fusta esforç de flexió.....	107
<b>Fig.1.54</b> Comportament fusta esforç de vinclament.....	108
<b>Fig.1.55</b> Comportament fusta esforç de cisallament.....	109
<b>Fig.1.56</b> Primera opció material.....	111
<b>Fig.1.57</b> Segona opció material.....	113
<b>Fig.1.58</b> Tercera opció material.....	115

## **1.0 FULL IDENTIFICATIU**

### **1.0.1 Títol del projecte**

Disseny d'un dispositiu elevador de càrregues pesades, per a països subdesenvolupats i zones de difícil accés per maquinària habitual.

### **1.0.2 Dades de l'autor**

Nom i cognoms: Santiago Maestro Balaguer

DNI: 47981182-P

Adreça: C/ Teuleries nº 10 4<sup>t</sup> 1<sup>a</sup>, Lleida.

Telèfon: 973 22 17 67 ó 696 71 46 67

Adreça de correu electrònic: [smaebal4@gmail.com](mailto:smaebal4@gmail.com)

### **1.0.3 Dades del director del projecte**

Nom i cognoms: Miquel Nogués Aymamí

Departament: Departament d'Informàtica i Enginyeria Industrial

Adreça de correu electrònic: [mnogues@diei.udl.cat](mailto:mnogues@diei.udl.cat)



---

## 1.1 OBJECTE

L'objectiu principal d'aquest projecte és el de dissenyar un dispositiu elevador de pes i validar que sigui funcionalment i econòmicament factible per elevar pesos considerables en el àmbit de la construcció, en zones on la maquinària habitual no pot arribar.

L'àmbit d'aplicació d'aquest projecte és principalment la construcció en països subdesenvolupats. Actualment existeixen molts països en vies de desenvolupament que construeixen les seves infraestructures d'una manera pràcticament manual. Les poques mesures de seguretat existents, així com la falta de capital per disposar de maquinària de construcció, posen en risc tant als constructors, com als posteriors usuaris de l'edifici. El dispositiu que es pretén desenvolupar, pot suposar una ajuda en el procés de construcció en aquests països, per tal d'assegurar que l'elevació d'elements constructius es faci d'una manera més ràpida i segura, tenint en compte que el dispositiu ha de ser econòmic.

El dispositiu també pot ser utilitzat en la construcció en zones de difícil accés per a la maquinària utilitzada habitualment en la construcció. A més també pot ser un dispositiu útil en altres processos com pot ser en l'emmagatzematge d'elements pesants o també en la reconstrucció d'edificis després de que succeeixi alguna catàstrofe com poden ser els terratrèmols, tsunamis o incendis, on les zones afectades queden tant danyades que la utilització de maquinària habitual és complicada.

---

## 1.2 ABAST

- Estudi del disseny original del dispositiu “Herminio” utilitzat com a base del projecte:
  - Dimensionar el disseny original del dispositiu.
  - Modelar el disseny original mitjançant el software de dibuix 3D.
  - Validar la funcionalitat i les limitacions del disseny original.
- Millora del disseny original per ser utilitzat en l'actualitat:
  - Millores dimensionals i de disseny del dispositiu original.
  - Millores de seguretat del dispositiu original disseny.
  - Estudi dinàmic i estàtic del nou disseny.
  - Estudi de girs i deformacions en la guia i l'estructura.
  - Estudi d'esforços intern en la guia i l'estructura.
- En aquest projecte no es realitzaran canvis en el funcionament del mecanisme original, únicament s'adaptarà a les necessitats actuals.
- En aquest projecte no es realitzarà l'estudi del comportament a fatiga del dispositiu. Degut a la complexitat de l'estudi del comportament a fatiga ha fet que no hi hagi suficient temps com per poder realitzar-lo. En aquest projecte es vol assegurar que el mecanisme dissenyat funcionarà sense tenir en compte la fatiga dels materials del mecanisme. Per tant, es considera que l'estudi a fatiga s'ha de realitzar en un altre projecte a part d'aquest.
- En aquest projecte no es realitzarà l'estudi del comportament dels materials amb les diferents tensions i pressions que es tenen. Es considera que s'ha de realitzar en un projecte a part la comprovació de que tots els materials no patiran trencament o deformació degut a les forces aplicades.

---

## 1.3 ANTECEDENTS

### 1.3.1 Motivacions

La comoditat de la vida en la que es viu en els països desenvolupats, fa oblidar que existeixen persones que viuen en situacions molt diferents. Allò que per molts pot semblar inútil o antiquat, pot ser per a altres un gran avanç. Precisament això passa amb aquest dispositiu elevador de càrregues.

El primer disseny que es va mostrar servia per donar una possible explicació de com es construïen les piràmides, i evidentment, no es pensa que aquest dispositiu pugui ser útil davant de la gran maquinària de construcció que existeix actualment. Però el problema es que no totes les persones disposen del capital ni dels recursos energètics necessaris, per poder disposar de les màquines de construcció actuals.

Per tant, la principal motivació d'aquest projecte és la de millorar el prototip original per tal de que pugui facilitar la vida de les persones en condicions de pobresa.

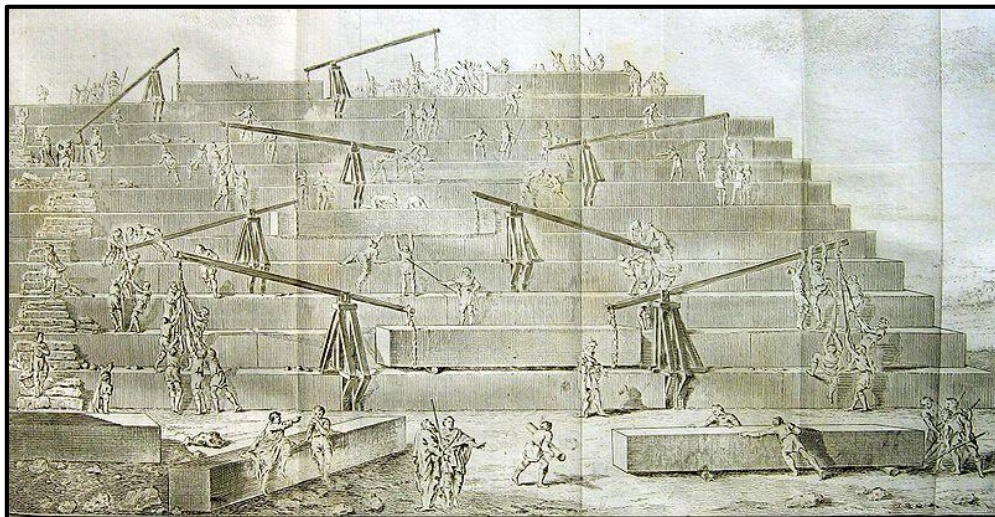
### 1.3.2 Estudis previs

El disseny original d'aquest dispositiu l'ha fet un artesà anomenat Herminio, que tal com s'ha dit anteriorment, volia donar explicació a com es van construir les piràmides. Per tant s'ha fet un estudi de les diferents teories existents i com s'ha arribat al disseny original del dispositiu. Com es vol redissenyar el dispositiu i donar-li una utilitat actual, també es necessari estudiar la situació de la construcció en els països subdesenvolupats i en les zones de difícil accés per poder entendre com ha de ser el nou dispositiu.

#### *1.3.2.1 Principals teories de la construcció de les piràmides*

Les piràmides egípcies són dels pocs elements arquitectònics dels quals encara no es sap amb certesa com van ser construïdes. El gran misteri d'aquestes és el saber com era possible, amb els recursos d'aquella època, poder aixecar pedres de fins a 60 tones, a altures de 150 metres. Aquest misteri ha fet que un gran número de persones es llances a la investigació i la creació de noves teories i dispositius que donessin explicació a aquesta pregunta.

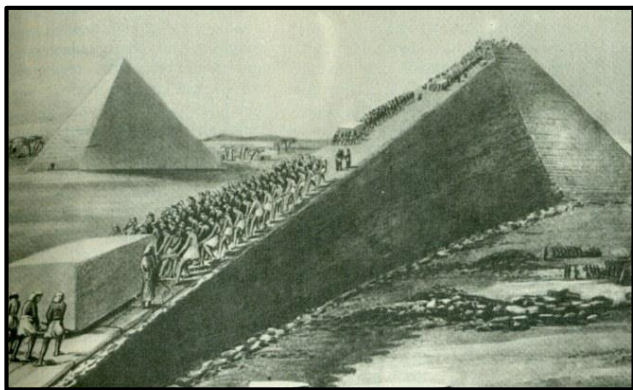
L'historiador grec Heròdotus afirmava que les piràmides es construïen mitjançant la llei de la palanca. Feien servir bigues de fusta recolzades en un punt fix, de manera que en un extrem tenien lligada la pedra que volien aixecar, i per l'altre extrem els esclaus que feien la força. Segons Heròdotus, les palanques s'anaven fent més llargues a mesura que s'escalava en la piràmide i òbviament el nombre d'esclaus necessaris també era major, a mesura que augmentava l'alçada de la piràmide. Aquesta hipòtesi es descarta per molts egipcis, ja que per arribar fins alçades de 150 metres, les bigues de fusta necessàries tenien que ser tant llargues que era impossible aconseguir-les, i més quan la fusta era tant apreciada en aquella època. Alguns egipcis també pensen que en comptes d'utilitzar grans palanques, utilitzaven un gran nombre de palanques de dimensions més reduïdes.



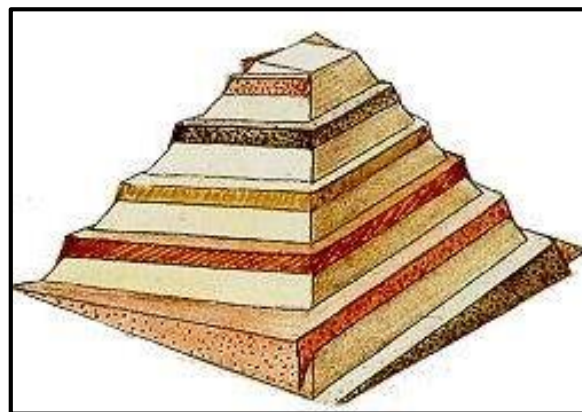
**Fig. 1.1** Il·lustració del sistema d'elevació de les pedres per la construcció de piràmides, mitjançant diverses palanques. Es pot observar les pedres lligades a un extrem de la palanca, i a l'extrem contrari de la mateixa, diverses persones realitzant força per elevar la pedra.

Per altra banda, una de les teories més conegudes és la de la utilització de rampes. Segons aquesta hipòtesi els egipcis construïen rampes per tal d'arrossegar les pedres fins a l'altura desitjada. En les rampes es situaven troncs sota les pedres, per tal de que aquestes llisquessin millor quan eren arrossegades pels esclaus. El gran problema d'aquesta teoria es que per arribar a major altura es tenien que construir rampes més grans i al final s'ha demostrat que per arribar als 150 metres d'altura és necessita una rampa tan llarga que es necessitaria una altra rampa per construir la rampa principal i a la vegada la rampa secundària necessitaria d'una terciària, i així s'acaba fent un cicle que mai s'acaba. Com a variació d'aquesta teoria, també es creia que s'anava construint una rampa que envoltava a la piràmide, unida a la superfície d'aquesta. Però també es descarta aquesta opció ja que és molt difícil

fer una rampa sòlida sobre la superfície llisa i inclinada de la piràmide i a més és molt difícil assegurar la correcta geometria de les arestes, cosa que és fonamental per a que la piràmide no s'ensorri.



*Fig. 1.2 Il·lustració que representa la rampa que seria necessària construir per arribar al cim de la piràmide.*



*Fig. 1.3 Il·lustració que representa la hipòtesi de la construcció d'una rampa que envolta la superfície de la piràmide.*

La teoria que està millor considerada actualment, és la de l'arquitecte Jean-Pierre Houdin, el qual proposa que les piràmides es construïen mitjançant una rampa a l'interior de la piràmide. Segons el seu estudi, els egipcis construïen 2/3 de l'alçada de la piràmide mitjançant rampes exteriors, però el tram final és feia mitjançant una rampa interior (construïda amb els materials de la rampa exterior un cop es desmuntava) que tenia una pendent màxima del 7%. A més, en les zones en que la rampa arribava a l'aresta, es mantenien unes obertures per tal de donar l'espai suficient per poder fer girar la pedra que era arrossegada, i també per poder ventilar els túnels per on passava la rampa interna. En aquestes obertures també hi havia sistemes de palanca per tal d'aixecar i girar les pedres. La ciència ha donat gran veracitat a aquesta explicació ja que s'han trobat diversos indicis en moltes piràmides:

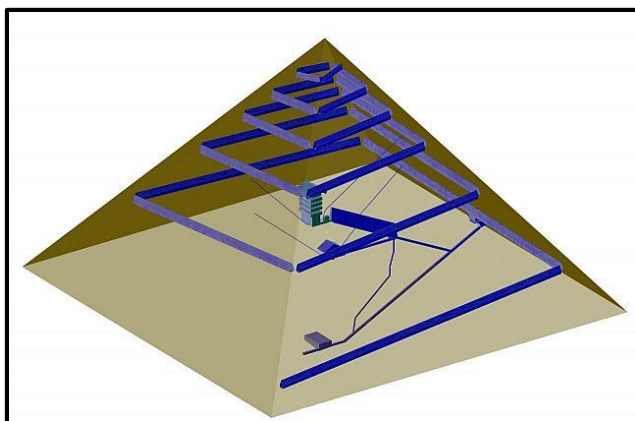
- 1) En aquella època ja existien alguns edificis que s'ha demostrat que utilitzaven rampes interiors per ser construïts.
- 2) L'anàlisi per determinar els forats i cavitats de les piràmides, demostra que falta aproximadament el 15% del volum de la piràmide i la representació que s'obté del programa de simulació, mostra que les zones on falta aquest volum, tenen forma de rampa ascendent.
- 3) A la superfície de les piràmides es poden observar marques fantasma amb inclinació del 7%.



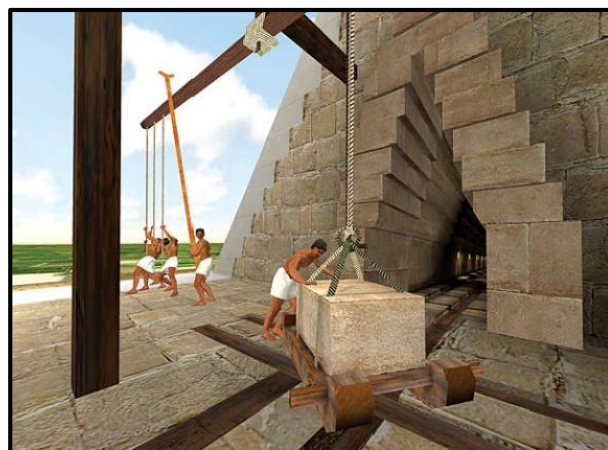
- 4) S'han trobat cavitats a les arestes de les piràmides al llarg de la seva altura, que correspondrien amb les cavitats per girar les pedres quan pujaven per la rampa.

A part de la construcció de l'estructura, el Sr. Houdin explica que també es fa servir un sistema de politges per moure les pedres de granit de 60 tones que es feien servir per fer la cambra del faraó. Aquest sistema suposava la utilització de una rampa exterior, d'un sistema de politges a l'interior de la piràmide i la força de 600 esclaus per arrossegar els pesats blocs de granit.

Es calcula que mitjançant la teoria proposada per l'arquitecte Jean-Pierre, una piràmide costava construir-la completament, aproximadament 20 anys. Tot i això, fins al moment segueix sent una de les teories que està més acceptada científicament.



**Fig. 1.4** Representació de la disposició de la rampa interior en la piràmide.



**Fig. 1.5** Simulació del procés de gir de les pedres al arribar a les arestes de la piràmide a través de la rampa interna. Es pot observar que el gir es fa mitjançant un sistema de palanca i guies



**Fig. 1.6** Resultat obtingut de l'anàlisi per determinar els forats i cavitats en una piràmide. En color verd s'observen les cavitats trobades, les quals mostren una forma de pendent ascendent.

### 1.3.2.2 Aparició del dispositiu elevador de pesos “Herminio”

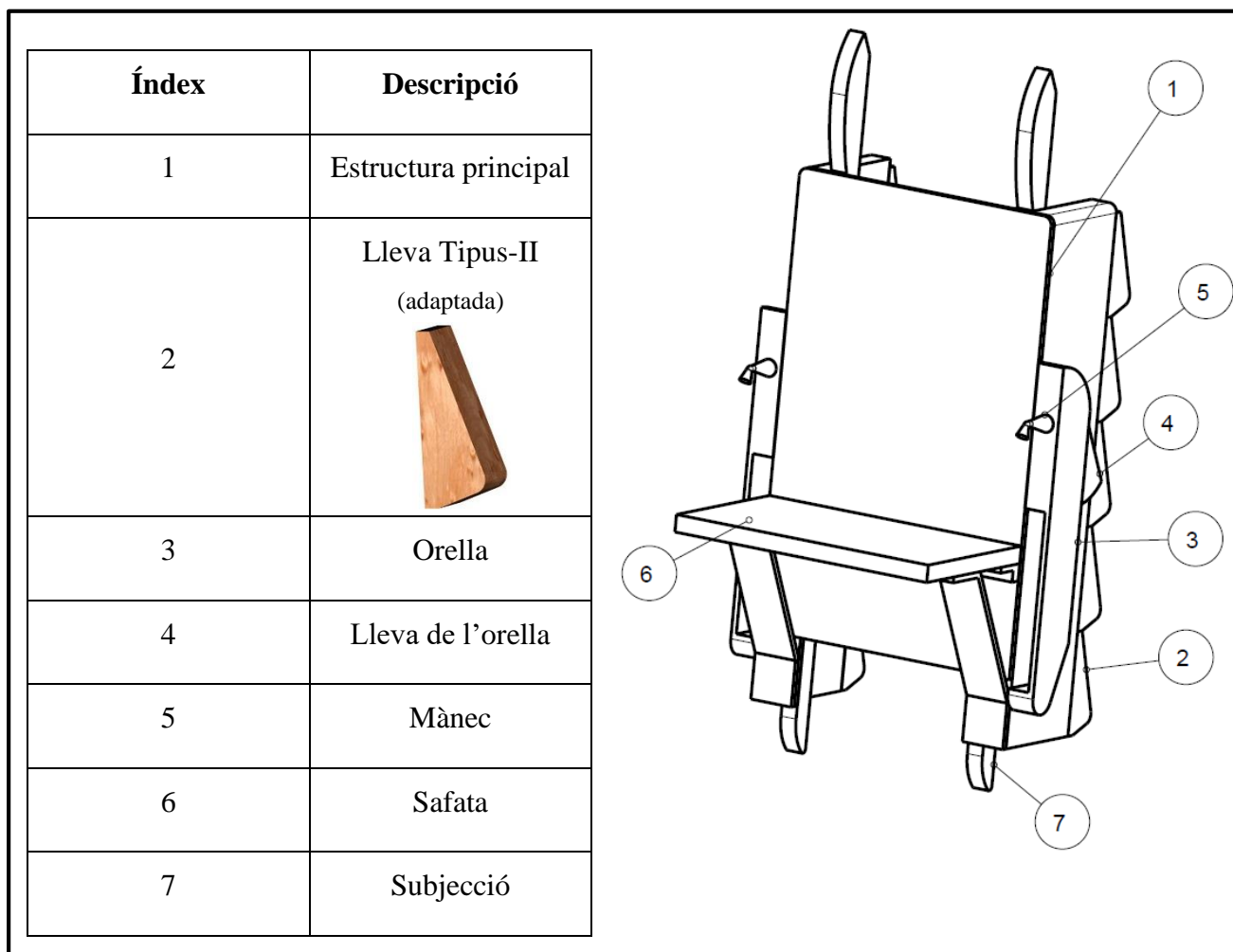
El gran misteri de com es van construir les piràmides i les diverses teories vistes en l'apartat anterior, han suposat que moltes persones fabriquessin diferents invents que donessin resposta al misteri.

El Sr. Herminio Fernández Fernández, un fuster jubilat, va fabricar el prototip d'un dispositiu per elevar pedres que va tenir un gran revolt en tots els mitjans de comunicació. Aquest desenvolupament ha guanyat gran fama degut a que únicament està fet de fusta i permet elevar pesos amb gran facilitat. El Sr. Herminio busca amb l'invent, donar una possible explicació a com els egipcis elevaven les grans pedres per construir les piràmides, per aquest motiu només utilitza la fusta com a únic material base. Com s'ha vist en l'apartat anterior la idea de utilitzar rampes o sistemes per fer palanca, es repeteix en totes les teories, i aquestes idees es veuen reflectides en el dispositiu del Sr. Herminio. El dispositiu està format per quatre elements: el cos, la guia, l'escala central i les palanques.

El cos disposa d'una safata per carregar les pedres, i també es tenen unes orelles amb unes obertures per poder passar les palanques i fer pujar el dispositiu aplicant força sobre la lleva de cada orella. A més per la part posterior del cos, es tenen unes lleves que llisquen sobre les lleves de la guia (lleves **Tipus-II**). També es tenen subjeccions que faciliten poder agafar o tombar el cos pels dos extrems d'aquest, i també hi ha dos mànecs als quals se'ls hi pot lligar un parell de cordes per facilitar la pujada i el gir del cos.



**Fig. 1.7** A l'esquerra es pot observar una imatge del cos del dispositiu “Herminio” i a la dreta el seu modelat que permet veure amb major detall la forma del cos.



*Fig. 1.8 Esquematització de les diferents parts que formen el cos del dispositiu.*

La guia consisteix en un taulell de fusta sobre el qual hi ha una sèrie de llistons de fusta ficats horitzontalment i que sobresurten pels extrems, deixant entre ells una distància que servirà per encaixar els tres tipus de lleves:

**Lleves Tipus-I:** Són les lleves situades més a l'exterior. Serveixen per fer lliscar les palanques que passen pel forat de les orelles del cos i poder fer força per aixecar el dispositiu.

**Lleves Tipus-II:** Són les lleves situades entre les **Tipus-I** i les **Tipus-III**. Actuen com a rampes sobre les quals lliscaran les lleves del cos, les quals també són lleves **Tipus-II**.

**Lleves Tipus-III:** Són les lleves situades més a l'interior de la guia, i serveixen per recolzar les lleves de l'escala central, les quals també són **Tipus-III**. Tenen una part feta de cuir per tal de donar més flexibilitat al contacte entre guia i escala, ja que si fos totalment rígid es podria trencar amb més facilitat al llarg del temps.








Fig. 1.9 Imatge de la lleva **Tipus-I** del mecanisme "Herminio".



Fig. 1.10 Imatge de la lleva **Tipus-II** junt a la **Tipus-III**, del mecanisme "Herminio".



Fig. 1.11 Modelat de la guia del mecanisme amb les lleves en la seva posició corresponent.

Índex	Descripció
1	Estructura principal
2	Lleva Tipus-I 
3	Lleva Tipus-II 
4	Lleva Tipus-III 

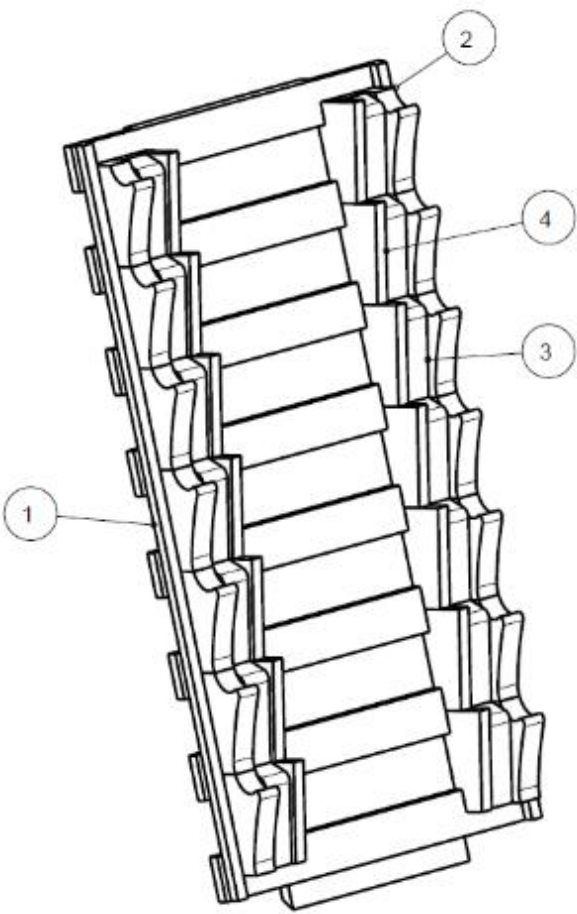
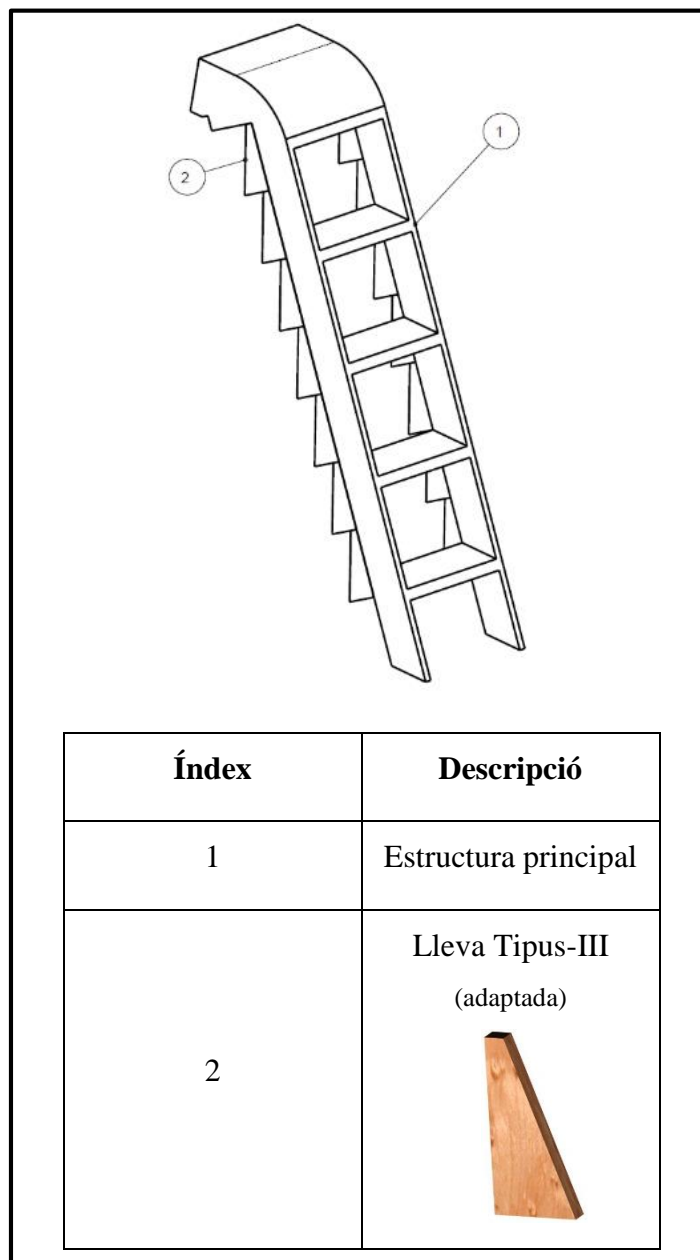


Fig. 1.12 Esquematització de la posició de les diferents lleves, en la guia del mecanisme.

L'escala central esta formada per dos panells de fusta grans orientats de manera paral·lela i amb una certa inclinació, els quals estan units per petits panells de fusta que actuen com esglaons. A un dels laterals llargs de cada panell de fusta gran es troben les lleves **Tipus-III**. En principi el prototip del dispositiu està dissenyat per a que el facin servir dos persones, les quals es recolzen sobre escales addicionals situades al cantó de la guia, però en cas que només fos una persona que faci servir el dispositiu, és més pràctic que aquesta vagi pujant per l'escala central per tal de poder agafar les dues palanques. A la part superior de l'escala central, es té un arrodoniment que facilita el gir del cos, quan aquest s'arriba a l'alçada desitjada, per tal de descarregar les pedres.



*Fig. 1.13 Modelat de l'escala central del prototip del mecanisme.*



*Fig. 1.14 Esquematzació de les parts que formen l'escala central del mecanisme.*

Per últim també es tenen dos palanques que consisteixen en uns perfils de fusta amb un cert gruix, que tenen un dels extrems amb una forma circular per encaixar en les lleves **Tipus-I** de la guia.



*Fig. 1.15 Modelat de una de les palanques utilitzades per elevar el cos del mecanisme.*

Per fer funcionar el dispositiu correctament, primerament es recolza la guia, amb les lleves ja muntades, sobre la superfície del desnivell que es vol superar, pel cantó contrari al que s'orienten les lleves. Sobre la guia es munta l'escala central situant les lleves **Tipus-III** d'aquesta, sobre les lleves **Tipus-III** de la guia. Per últim es munta el cos situant les lleves **Tipus-II** d'aquest sobre les lleves **Tipus-II** de la guia, i es fan passar les palanques a través de les orelles del cos fins que encaixin amb les lleves **Tipus-I** de la guia.



*Fig. 1.16 Modelat del muntatge de l'escala central sobre la guia, en la seva posició de funcionament. Es possible muntar l'escala sobre la guia gràcies a les lleves **Tipus-III**.*





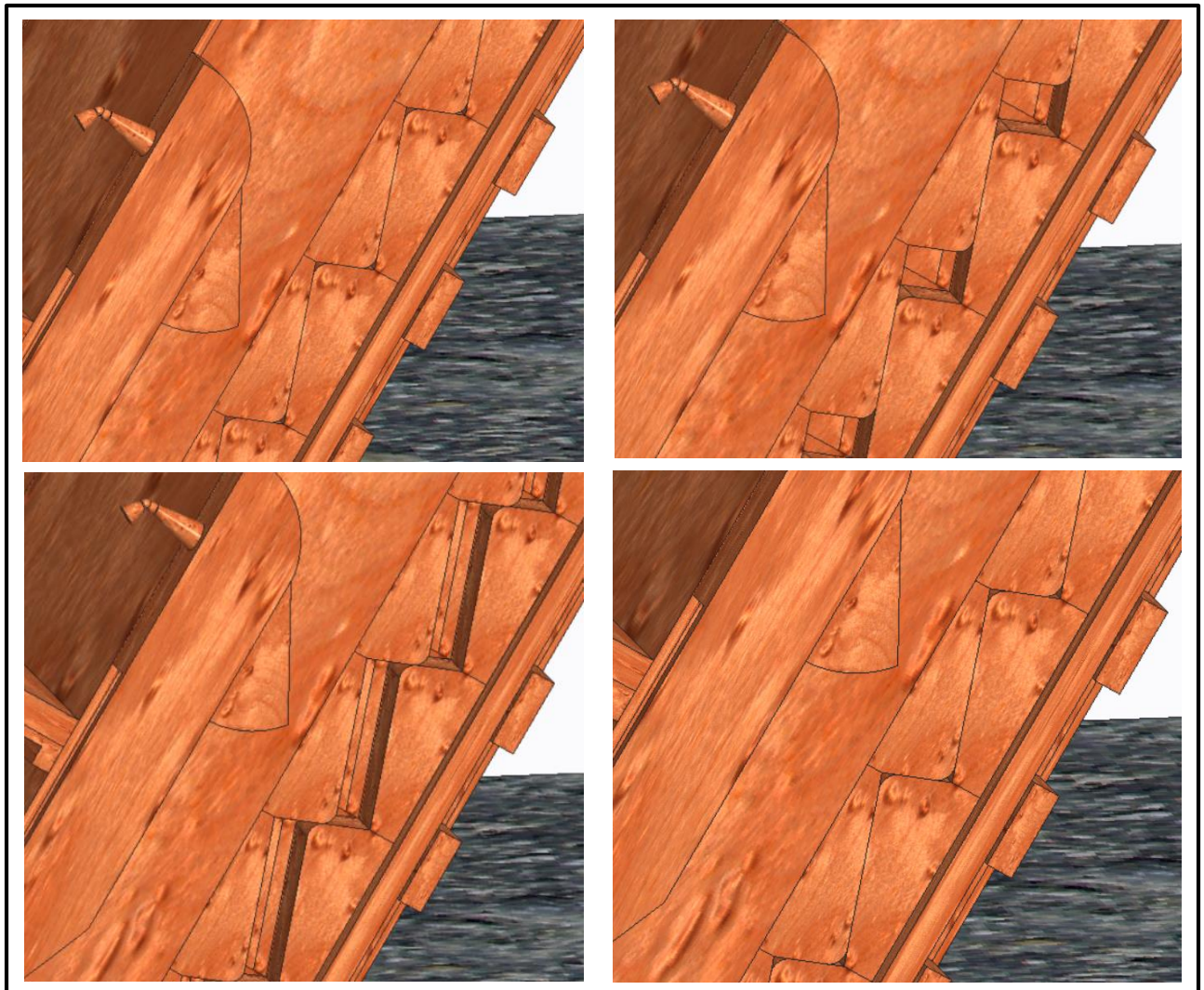
**Fig. 1.17** Modelat del muntatge del cos sobre la guia i l'escala, en la seva posició de funcionament. El muntatge es possible gràcies al recolzament de les lleves **Tipus-II** del cos i la guia.



**Fig. 1.18** Detall de la palanca muntada a través de l'orifici de l'orella del cos, fins a fer contacte en la lleva **Tipus-I** de la guia, sobre la qual girarà, per tal de poder fer força sobre la lleva de l'orella per elevar el cos.

El funcionament del mecanisme és relativament senzill. Un cop s'ha col·locat el cos, la guia i l'escala central sobre la paret que es vol superar, es carrega el cos amb la càrrega que es vol elevar. A continuació es fan passar les palanques a través de les orelles de manera que estiguin en contacte amb les lleves de les orelles, que guiaran l'extrem de la palanca fins a les lleves **Tipus-I** de la guia, corresponents a cada cantó del cos.

Seguidament, s'aplica una força perpendicular sobre les palanques i aquestes van girant sobre les lleves **Tipus-I** en que estan fixes, amb la qual cosa actuen com a punt fix. La palanca al anar girant, fa una força sobre les orelles que arrastra el cos al llarg de les lleves **Tipus-II** (unides a les lleves **Tipus-I** sobre les que giren les palanques) fins al final d'aquestes, deixant el cos totalment estable a una elevació superior de la que partia. D'aquesta manera repetint el procés, es pot pujar el cos, lleva a lleva, fins arribar a l'altura desitjada.



**Fig. 1.19** Procés de lliscament de les lleves del cos sobre les lleves de la guia, a l'aplicar força sobre la lleva de les orelles unides al cos. Es pot veure com les lleves del cos "escalen" sobre les de la guia fins arribar al cim on seguidament cauen i queden encaixades. D'aquesta manera es va elevant el cos del dispositiu, lleva a lleva.



Cal afegir que les palanques són mogudes pels usuaris del mecanisme, situats a cada banda de l'escala central, sobre escales secundàries. També es pot situar una persona a la zona superior del desnivell i amb cordes lligades als mànecs que sobresurten del cos, ajuda a fer força per pujar el dispositiu i evitar encallaments.

Per últim, quan el cos arriba al cim, la persona situada a la zona superior del desnivell tomba el dispositiu aprofitant la forma circular de l'escala central, i el col·loca de manera horitzontal. A partir d'aquí les pedres es poden lligar amb cordes i arrastrant-les per diverses persones, s'acaba descarregant el dispositiu. Per tornar a pujar més pes, el dispositiu es baixa amb una corda des de la zona superior del desnivell fins a la zona inferior, i es torna a repetir el procés.

Amb aquest mètode el Sr. Herminio ha comprovat que es poden elevar 100 kg, només aplicant 15 kg de força, i que es possible arribar a aixecar 600 kg només amb dos persones. La idea de l'inventor del dispositiu és realitzar un cos molt més llarg per a que puguin aixecar-lo entre sis persones i així poder elevar més pes.



**Fig. 1.20** Conjunt d'imatges extretes d'un programa de televisió on es va mostrar el funcionament del dispositiu. Es pot observar el procés d'aixecament, lleva a lleva, d'una persona muntada sobre el dispositiu. La imatge de sota a la dreta, mostra com es possible tornar el cos i disposar-lo de forma horitzontal, amb l'ajuda de la forma circular de l'extrem de l'escala central, així com les cordes tensades per la persona situada sobre el desnivell, les quals es lliguen als mànecs que sobresurten del cos.

### *1.3.2.3 Construcció en els països subdesenvolupats*

Existeix una llarga llista de països subdesenvolupats que no disposen de gran maquinària constructiva i ni tan sols d'experts en la construcció. El resultat d'això és que els edificis construïts suposen un perill tant per les persones inexpertes i sense coneixements que s'encarreguen de construir, com pels posteriors usuaris d'aquests edificis.

Començant pel nivell més baix de coneixement en construcció, es troba a diverses tribus africanes que fan únicament edificis amb maons de fang. Els constructors d'aquests habitatges són precisament tots els membres de la tribu. Els homes s'encarreguen de realitzar els maons amb fang i terres riques en minerals que es deixen assecar, i aquests es van col·locant units amb més fang per formar els diversos murs de l'habitatge. El gran problema arriba quan s'han de realitzar les zones més altes de l'edifici que poden arribar a ser de entre 4 i 6 metres d'alçada. Els constructors es col·loquen sobre aquests murs de gran alçada sense cap mena d'element assegurador en cas de caiguda, i això suposa un gran risc per a les persones enfilades als murs, que a vegades poden arribar a ser fins i tot nens de 10 anys. A més també és necessari pujar el pesat teulat fet amb fusta, canyes i palla fins al cim de l'edifici.

Un altre exemple clar d'aquesta situació és la tribu Betamaribe, situada al nord-oest de la regió entre Nigèria i Togo. Aquesta tribu realitza edificis amb diverses argiles barrejades amb fang que al endurir-se es tornen tant dures com pedres. El procés constructiu que segueixen és diferent. En aquest cas en comptes de fer maons, van realitzant diversos toroides, un sobre l'altre, fins que s'arriba a una altura de 4 metres aproximadament. A la part superior es situen diverses bigues de fusta entrecruades i sobre aquestes es situa un sostre de palla i canyes amb forma cònica. Per apuntalar el sostre es col·loquen també uns pilars verticals de fusta. En tot aquest procés, tots les elements es col·loquen de manera manual, suposant un gran esforç per als membres de la tribu i posant en risc la seva seguretat.

El cas més extrem que es pot veure és el de la tribu Korowai la qual construeix les seves cases de fusta sobre els arbres, a una alçada de 35 metres sobre el terra. Ho fan així per tal de protegir-se contra els depredadors i insectes perillosos que hi ha a ras de terra. De nou, tot el material dels habitatges com poden ser grans troncs de fusta, canyes o fins i tot els aliments que aconsegueixen per la tribu (animals caçats o fruita), són pujats per els propis membres de la tribu suposant un perill de caure des de 35 metres d'alçada.



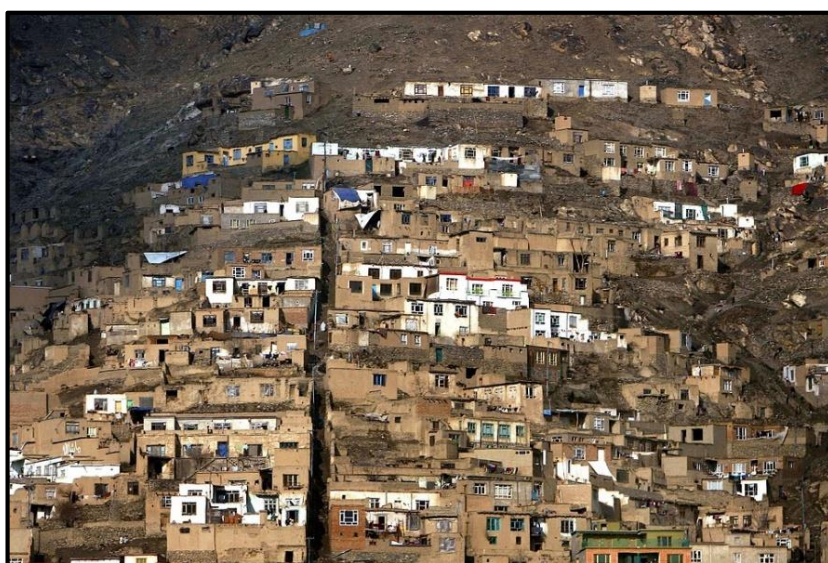
**Fig. 1.21** Il·lustracions de les condicions en que es realitza la construcció d'edificis en la tribu africana Betamaribe. Es pot observar com el treball és completament manual i no existeixen condicions de seguretat per realitzar el treball.



**Fig. 1.22** Fotografia de un dels habitatges de la tribu Korowai. Els perills que es troben a ras de terra, obliga als integrants de la tribu a viure en "edificis" construïts directament sobre els arbres. Com es evident, la seguretat per a les persones alhora de realitzar la construcció no existeix.



A més de la situació d'aquestes tribus africanes, existeixen països més desenvolupats però que segueixen pertanyen al tercer món. La situació de pobresa d'aquests països com poden ser Afganistan o Haití, es veu reflectida també en el àmbit de la construcció. Els edificis són antics i suposen un constant perill d'ensorrament per als usuaris d'aquests. A més, els pocs edificis que es construeixen és fan amb materials més avançats que els vistos en les tribus africanes, però es segueix necessitant a persones per construir pràcticament tot l'edifici a mà. Es disposa de molt poca maquinària de construcció degut a l'extrema pobresa de la població, i a vegades es prefereix el risc de viure en un edifici mig ensorrat, abans que construir un edifici nou.



*Fig. 1.23 Fotografia que mostra el mal estat dels edificis en Afganistan, zona de gran pobresa deguda a la seva llarga història de conflictes armats i guerres.*

#### ***1.3.2.4 Construcció en zones de difícil accés***

A part dels països que no disposen de maquinària per a la construcció, es possible que no sempre aquesta pugui ser utilitzada depenent de les condicions de la zona on es vol construir.

Per una banda, existeixen zones que degut a la irregularitat del terreny, les condicions del sòl, l'entorn de la zona o les limitacions d'espai, fan que sigui molt difícil utilitzar maquinària de construcció ja que aquesta ocupa un gran volum i necessita d'uns certs marges per poder actuar amb seguretat. En aquestes situacions, s'utilitzen mètodes més convencionals per tal de transportar els materials de construcció o elevar aquests a les plantes superiors de l'edifici. Aquests mètodes convencionals impliquen que es perdi molt més temps que si es tractés d'una construcció normal i sovint també

implica un cert nivell de risc per als operaris. Clars exemples d'aquestes construccions són els fars. Aquestes edificacions sovint es realitzen en zones enrocades endinsades en el mar, ja que han de servir de guia per als vaixells en la foscor de la nit. Al treballar en un espai tant reduït és pràcticament impossible utilitzar maquinària convencional i a més, el número d'operaris que es pot utilitzar és molt baix. El resultat d'això és que els pocs operaris han de realitzar un treball pràcticament manual i durant un llarg període de temps. Existeixen fars que la seva construcció s'ha allargat durant diversos anys.

Aquestes zones de difícil accés no sempre són degudes a les condicions naturals del terreny, a vegades també pot ser degut a desastres naturals o a conflictes bèl·lics, el resultat dels quals és la devastació de gran part de les edificacions. Sovint l'estat en que queden les vies d'accés, quan succeeix un desastre, és tant lamentable que la maquinària de construcció no pot accedir. A més, les runes que queden dels edificis s'han de desplaçar i transportar amb molt de compte ja que poden haver persones que han quedat atrapades. En aquestes situacions es realitza molt treball manual per part dels equips de rescat i voluntaris, ja sigui per que la maquinària no pot accedir, o per que amb aquesta no es pot aconseguir la precisió i seguretat necessàries alhora de rescatar als supervivents.



**Fig. 1.24** Fotografia que mostra l'estat en que acaba un edifici afectat per un terratrèmol. Es pot observar la gran quantitat de runes i brossa que són necessàries netejar amb gran atenció per evitar causar danys a possibles supervivents que hagin quedat enterrats.

## 1.4 NORMES I REFERÈNCIES

### 1.4.1 Disposicions legals i normes aplicades

- Norma UNE 157001:2014. “Criterios generales para la elaboración de proyectos”.
- Norma UNE-EN ISO 5455:1996. “Dibujos Técnicos. Escalas. (ISO 5455:1979)”.
- Norma UNE-EN ISO 5456-1:2000. “Dibujos técnicos, Métodos de proyección. Parte 1: Sinopsis. (ISO 5456-1:1996)”.
- Norma UNE-EN ISO 5456-2:2000. “Dibujos técnicos, Métodos de proyección. Parte 2: Representaciones ortográficas. (ISO 5456-2:1996)”.
- Norma UNE 1121-1:1991. “Dibujos técnicos. Tolerancias geométricas. Tolerancias de forma, orientación, posición y oscilación. Generalidades, definiciones, símbolos e indicaciones en los dibujos”.
- RD 1435/92, referent a la seguretat en màquines i prototips.
- RD 487/97, referent a la manipulació i manual de càrregues.
- RD 1215/97, referent a la seguretat dels equips de treball.
- Directiva 2006/42 CE, referent a requeriments de seguretat essencials de seguretat establerts per a màquines i prototips.

### 1.4.2 Programes utilitzats

- Software CREO Parametric 3.0 M110, per al disseny i visualització de les peces i el conjunt de l'estructura del dispositiu. També per la realització de plànols.
- Software AutoCAD 2016, per obtenir escales a partir de les imatges del dispositiu i poder aproximar les dimensions del mateix. També per complementar alguns plànols.
- Software Barras V.2, per l'anàlisi estructural dels diferents dissenys realitzats.
- Software Microsoft Office Word 2016, per la realització dels documents del projecte.
- Software Microsoft Office Excel 2016, per la realització de les taules del projecte.
- Software Microsoft Office PowerPoint 2016, per la realització de la presentació del projecte.

### 1.4.3 Bibliografia

#### Apunts i informació general:

- FÍSICA

Autor: Paul A. Tripler

Editorial Reverte, S.A.

- ELASTICIDAD

Autor: Luis Ortiz Berrocal

Editorial: McGraw-Hill

- RESISTENCIA DE MATERIALES:

Autor: Luis Ortiz Berrocal

Editorial: McGraw-Hill

#### Llibres:

- CHEVALIER, A. "Dibujo Industrial. Méjico, Noriega Editores, 2000".
- FÉLEZ, J., MARTÍNEZ, M.L. "Dibujo Industrial. Editorial Síntesis, 2000".

#### Catàlegs tècnics:

- BAKAR – Catàleg d'adhesius industrials

---

Pàgines web:

- Enciclopèdia lliure: <https://es.wikipedia.org>
- Cercador de “Normas UNE”: <http://www.aenor.es>
- Assistència Software CREO: <https://community.ptc.com>  
<http://help.solidworks.com>  
<https://upcommons.upc.edu>  
<http://www.docentes.unal.edu.co>
- Definició del material de simulació: <http://infomadera.net>  
<http://www.elconstructorcivil.com>  
<https://www.woodproducts.fi>  
<https://arquigrafico.com>
- Propietats fusta d'abet: <http://normadera.tkknika.net>  
<http://materias.fi.uba.ar>  
<https://www.maderea.es>  
<https://www.maderasmedina.com>  
<http://www.arkiplus.com>
- Propietats fusta de pi: <http://www.madex.es>  
<https://www.gruporell.com>  
<https://www.maderea.es>  
<https://www.talaya-ambrona.com>

- 
- Propietats fusta de roure: <http://eurodoor.es>  
<http://www.gruporell.com>
  - Comportament de la fusta a esforços: <http://normadera.tkknika.net>  
<https://www.slideshare.net>  
<https://google.com//propiedades-fisicas>
  - Adhesiu industrial: <http://www.bakar.es>

#### Suport Audiovisual:

- Tutorial CREO Simulate:  
<https://www.youtube.com/watch?v=zA3-OFNIeTE&t=2>  
<https://www.youtube.com/watch?v=D22cDHFgWnY&list=WL&t=580s&index=16>  
<https://www.youtube.com/watch?v=nvs83c9DQ3k>
- Funcionament dispositiu “Herminio”:  
<https://www.youtube.com/watch?v=B3OH6d0QYGA>  
<https://www.youtube.com/watch?v=9SmtzW8x-pw>

---

## 1.5 DEFINICIONS I ABREVIACIONS

### Definicions:

- Densitat: Magnitud escalar referida a la quantitat de massa en un determinat volum d'una substància.
- Material ortotròpic: Material amb propietats mecàniques i tèrmiques independents en les tres direccions perpendiculars:
  - Direcció 1: Eix longitudinal paral·lel a la direcció del gra.
  - Direcció 2: Eix tangencial als anells de creixement.
  - Direcció 3: Eix radial que segueix la direcció dels anells de creixement.
- Mòdul de Young (mòdul d'elasticitat longitudinal): Paràmetre que caracteritza el comportament d'un material elàstic segons la direcció en que s'aplica la força.
- Mòdul de cisallament (mòdul d'elasticitat transversal): Constant elàstica que caracteritza el canvi de forma que experimenta un material elàstic.
- Coeficient de Poisson: Constant elàstica que proporciona una mesura de l'estretament de secció d'un prisma de material elàstic lineal isotròpic, quan s'estirà longitudinalment i s'aprima en les direccions perpendiculars a l'estretament.
- Coeficient de dilatació tèrmica: Mesura el canvi relatiu de longitud o volum, al canviar de temperatura.
- Calor específica: Quantitat de calor que s'ha de subministrar a una massa, per elevar la temperatura en una unitat.
- Conductivitat tèrmica: Propietat física dels materials que mesura la capacitat de conducció de calor.



---

### **Abreviacions:**

- UDL: Universitat de Lleida
- EPS: Escola Politècnica superior
- ISO: International Standarization Organization (Organització Internacional per l'Estandarització).
- UNE: Una Norma Española.
- UNE-EN: Una Norma Española – Norma Europea.
- RD: Real Decret.
- CE: Comissió Europea.
- P.E.M: Pressupost d'Execució Material.

### **Nomenclatura equacions i formules:**

#### *Anàlisi estàtic (Annex I):*

- $M_{N_1}$ : Resultant de moments produïts per la força normal 1 en cadascun dels punts aplicats, en Newtons per metre.
- $M_{N_2}$ : Resultant de moments produïts per la força normal 2 en cadascun dels punts aplicats, en Newtons per metre.
- $M_{Ff_s}$ : Resultant de moments produïts per la força de fricció estàtica en cadascun dels punts aplicats, en Newtons per metre.
- $N_1$ : Força normal en la superfície 1 de cadascuna de les lleves del cos, en Newtons.
- $N_2$ : Força normal en la superfície 2 de cadascuna de les lleves del cos, en Newtons.
- $Ff_s$ : Força de fricció estàtica en la superfície 1 de cadascuna de les lleves del cos, en Newtons.
- $P$ : Pes del cos carregat amb la màxima càrrega, en Newtons.
- $m_T$ : Massa total del cos (180 kg) més la càrrega màxima (1.200 kg), tenint així un total de 1.380 kg.
- $g$ : Acceleració de la gravetat, considerada com  $9,81 \text{ m/s}^2$ .
- $\mu_s$ : Coeficient de fricció estàtica en la fricció de les superfícies 1, de cadascuna de les lleves del cos amb les corresponents de la guia (adimensional).

#### *Anàlisi dinàmic (Annex II):*

- $Ff_{k_1}$ : Força de fricció dinàmica dels punts de les lleves del 2 al 7, en Newtons.



- $\mu_k$ : Coeficient de fricció dinàmica entre la fusta i la fusta, considerada de 0,4 (adimensional).
- $N_1$ : Força normal del contacte entre lleves del cos i de la guia dels punts del 2 al 7, en Newtons.
- $Ff_{k_2}$ : Força de fricció dinàmica dels punts de les lleves del 8 al 11, en Newtons.
- $N_2$ : Força normal del contacte entre lleves del cos i de la guia dels punts del 8 al 11, en Newtons.
- $Ff_N$ : Força de fricció dinàmica dels grups de punts AN i BN, en Newtons.
- $F_N$ : Força normal del contacte entre palanca i cos en els grups de punts AN i BN, en Newtons.
- $m_T$ : Massa total del cos (180 kg) més la càrrega màxima (1.200 kg), tenint així un total de 1.380 kg.
- $a$ : Acceleració amb la que puja el cos al llarg de les lleves, en  $m/s^2$ .
- $P$ : Pes del cos carregat amb la màxima càrrega, en Newtons.
- $M_{N_1}$ : Resultant de moments produïts per la força normal 1 en cadascun dels punts aplicats, en Newtons per metre.
- $M_{Ff_{k_1}}$ : Resultant de moments produïts per la força de fricció dinàmica 1 en cadascun dels punts aplicats, en Newtons per metre.
- $M_{N_2}$ : Resultant de moments produïts per la força normal 2 en cadascun dels punts aplicats, en Newtons per metre.
- $M_{Ff_{k_2}}$ : Resultant de moments produïts per la força de fricció dinàmica 2 en cadascun dels punts aplicats, en Newtons per metre.
- $M_{F_N}$ : Resultant de moments produïts per la força del contacte entre palanca i cos en els grups de punts AN i BN, en Newtons per metre.
- $M_{Ff_N}$ : Resultant de moments produïts per la força de fricció en el contacte entre palanca i cos en els grups de punts AN i BN, en Newtons per metre.
- $d_1$ : Distància del punt O al punt de contacte entre palanca i cos dels punts dels grups AN o BN segons l'angle girat, en metres. Aquestes distàncies es mostren en la **Fig.2.17**.
- $d_2$ : Distància de 0,45 metres del punt O al centre de gravetat de la palanca, obtingut del modelat virtual de la palanca.
- $d_3$ : Distància de 1,2 metres del punt O a l'altre extrem de la palanca, obtingut del modelat virtual de la palanca.
- $\beta$ : Angle girat per la palanca que va de  $7^\circ$  a  $70^\circ$  respecte la posició horitzontal de la mateixa.

- $F_p$ : Força que realitza l'operari sobre la palanca, per tant, d'acord als requeriments s'ha suposat que el valor de aquesta força és de 300 N.
- $P_p$ : Pes del de la palanca aplicat al centre de gravetat d'aquesta, en Newtons.
- $(I_O)_z$ : Moment d'inèrcia, de  $0,558 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$ , de la palanca en el punt O respecte l'eix z (eix perpendicular al eix x i y), obtingut del modelat virtual de la palanca.
- $\alpha_p$ : Acceleració angular de la palanca, en  $\text{rad/s}^2$ .
- $a_p$ : Acceleració lineal de la palanca de  $8,849 \text{ m/s}^2$ , obtinguda de la simulació virtual del moviment del mecanisme.
- $m_p$ : Massa de la palanca de 1,82 kg.
- $g$ : Acceleració de la gravetat, considerada com  $9,81 \text{ m/s}^2$ .

***Anàlisi estructural (Annex III):***

- $E$ : El mòdul d'elasticitat de la fusta, considerat en la direcció radial.
- $I_G$ : Moment d'inèrcia en els trams de la guia.
- $I_p$ : Moment d'inèrcia en els pilars.
- $GT$ : Grau de translacionalitat de l'estructura.
- $GL$ : Graus de llibertat, que es compten com 3 per barra.
- $C$ : Coaccions
- $M$ : Moment en l'extrem de barra dorsal o frontal, en  $\text{kN}\cdot\text{m}$ .
- $\bar{M}$ : Moment en l'extrem de barra dorsal o frontal, provocat per una càrrega externa en la barra, en  $\text{kN}\cdot\text{m}$ .
- $K$ : Coeficient de rigidesa en l'extrem de barra dorsal o frontal (adimensional).
- $\theta$ : Gir de l'extrem de barra dorsal o frontal, en radians.
- $\Delta$ : Desplaçament de l'extrem de barra dorsal o frontal, en m.

## 1.6 REQUERIMENTS DE DISSENY

### 1.6.1 Introducció al disseny

S'ha partit del dispositiu "Herminio" com a base d'aquest projecte, per tant, gran part dels requeriments que es mostren en els següents apartats, es veuen influenciats per aquest disseny base. Tot i això, no existeix cap plànol del disseny original del dispositiu "Herminio" per tant els amidaments i geometria s'han realitzat únicament, a partir de fotografies i fonts audiovisuals del funcionament del dispositiu. Per tant, els requeriments de les dimensions del dispositiu es veuen altament influenciats per les mesures preses del prototip del dispositiu "Herminio"

La resta de requeriments s'han considerat en funció de diferents factors com són: el tipus i quantitat dels elements que s'han d'aixecar amb el dispositiu, el recorregut que es pot realitzar, la inclinació amb que pot treballar el dispositiu, consideracions d'ergonomia i seguretat, la força que haurà de realitzar l'usuari o usuaris del dispositiu, cost de la fabricació i transport del dispositiu un cop fabricat, entre d'altres.

### 1.6.2 Requeriments funcionals

Aquests requeriments fan referència als valors i especificacions dels diferents elements externs al dispositiu, que tenen influència sobre el funcionament del mateix:

- El número mínim de persones necessàries per fer funcionar el dispositiu seran quatre. Es necessari ampliar el número de persones que faran servir el dispositiu, per poder carregar més pes en el mateix. Òbviament, és necessari realitzar una modificació del disseny per a que sigui utilitzable per quatre persones.
- Pujar una càrrega màxima de 1.200 kg. S'ha de considerar que segons els experiments del Sr. Herminio, amb dos persones utilitzant el seu dispositiu es poden elevar 600 kg, per tant per al doble de persones, es vol poder elevar el doble de pes.
- Alçada màxima a la que es pot arribar amb el dispositiu de 10,00 m. Es busca aquesta alçada per tal de poder fer servir el dispositiu en construcció d'edificis de quatre plantes aproximadament. Es considera que és una gran alçada tenint en compte la senzillesa del mecanisme i els usos finals que es donaran al dispositiu.

- 
- Angle de col·locació de la guia per realitzar l'elevació del dispositiu de  $30^\circ$ . Es vol aquest angle de treball ja que permet utilitzar les palanques per elevar el dispositiu d'una manera més ergonòmica. Treballar amb angles superiors fa que el dispositiu no es mantingui sobre la guia, ja que la força de fricció estàtica en les lleves **Tipus-II** no pot compensar el pes del dispositiu. Treballar amb angles inferiors a  $30^\circ$  implica tenir que fer una guia més llarga per poder arribar a la mateixa alçada. Això implica que l'espai horitzontal que ocupa el sistema també és més gran, i el que es busca és reduir l'espai que ocupa la guia ja que es vol poder treballar en llocs de difícil accés. A més, fabricar una guia més llarga implica que el cost de fabricació d'aquesta, sigui superior a la que s'utilitza amb un angle de  $30^\circ$ .
  - Força que ha d'aplicar l'usuari, per aixecar la màxima càrrega del dispositiu, de 300 N (aproximadament 30 kgf). S'ha triat aquesta força tenint en compte que la força màxima estàndard que pot realitzar una persona per accionar una palanca és de 450 N (aproximadament 45 kgf), per tant es creu que el més ergonòmic per aquest dispositiu és poder ficar-lo en moviment amb una força menor a la màxima que pot realitzar un humà normal.
  - Sistema per baixar el dispositiu un cop ha arribat a l'alçada desitjada. Si es volen realitzar més elevacions de càrregues, es necessari tornar a baixar el dispositiu d'una manera més ràpida de com s'ha elevat.

---

### 1.6.3 Requeriments dimensionals i de geometria

En aquest apartat es tracten les dimensions i geometria que són necessàries definir per a tots els elements que formen el mecanisme. Gran part dels elements del sistema no es poden especificar directament amb les dimensions que tindran ja que depenen de diferents estudis que s'han de realitzar posteriorment, per tant, únicament es poden definir una sèrie de dimensions màximes generals així com també descriure la forma aproximada que es vol tenir en algun dels elements:

- Amplada màxima del dispositiu de càrrega serà 1,50 m. Com s'ha explicat anteriorment, el dispositiu busca ser utilitzable en zones de difícil accés on hi ha poc espai, per tant el dispositiu tampoc pot ser excessivament gran.
- Longitud màxima del dispositiu de càrrega serà 2,50 m. El fet d'adaptar el cos per a que sigui utilitzable per dos persones més, implica tenir que allargar el dispositiu. A més, ha de ser suficientment llarg com per poder carregar tot el material necessari, però a la vegada que sigui possible utilitzar-lo en espais reduïts de difícil accés.
- Amplada màxima de la guia de 1,50 m. Requeriment que es veu condicionat per l'amplada màxima del dispositiu de càrrega, ja que la guia i el cos del dispositiu han de tenir la mateixa amplada, o si més no, similar.
- Longitud màxima de la palanca de 1,30 m. Es busca aquesta longitud màxima per a que la palanca sigui prou llarga com per poder aixecar el dispositiu sense tenir que fer una força excessiva, però a la vegada s'ha d'evitar que sigui tant llarga que sigui poc ergonòmic d'utilitzar per els usuaris del dispositiu.
- Safata amb dimensions i geometria que permeti carregar de forma uniforme els elements més típics en la construcció com poden ser maons o blocs de formigó, així com també pilars, bigues de poca longitud, sacs de sorra i ciment, etc.

### 1.6.4 Requeriments de les propietats mecàniques

Aquest apartat inclou els requeriments que afecten principalment a les característiques que ha de tenir el material de fabricació del mecanisme, únicament considerant el rendiment mecànic que ha de realitzar. Es vol mantenir la fusta com material bàsic del nou disseny del mecanisme, per tant s'estudiarà quina de les diferents fustes compleix de millor manera els següents requeriments:

- Material altament resistent a les deformacions i tensions.
- Material que no ofereixi una gran fricció, especialment en la palanca i les lleves **Tipus-I** i **Tipus-II**. Les lleves **Tipus-II** llisquen entre elles i la palanca llisca sobre les lleves **Tipus-I** per tal de poder fer pujar el dispositiu, per aquest motiu si aquests elements es fabriquen amb un material que ofereixi una gran fricció, implicarà que l'usuari del dispositiu haurà d'aplicar més força a la palanca.
- En cas que es tingui un material amb una fricció no desitjada, estudiar si es possible aplicar-li algun tractament per reduir la fricció d'aquest.

### 1.6.5 Requeriments de viabilitat

Aquests requeriments tracten els diferents punts que són necessaris per reduir el cost del procés de fabricació del dispositiu per tal de que aquest sigui viable per ser fabricat en països subdesenvolupats. En cas que no sigui possible fabricar-lo en un país determinat pels motius que siguin, també es busca que el cost del dispositiu sigui baix per tal de que pugui ser comprat en països subdesenvolupats. Cal recordar que per al material del nou disseny, es vol mantenir el material del dispositiu original, és a dir la fusta, per tant els requeriments que fan referència al tipus de material s'hauran de complir estudiant els diferents tipus de fustes que existeixen:

- Material de fabricació que sigui econòmic.
- Material de fabricació que no necessiti de grans tractaments per obtenir un bon rendiment mecànic.
- Material de fabricació que sigui fàcil d'obtenir en qualsevol país, és a dir que no necessiti ser exportat, ja que així es redueixen els costos de fabricació.
- Peces que conformen el dispositiu amb una geometria poc complexa per tal de que siguin fàcils de fabricar en sèrie. Les peces complexes impliquen un tractament especial per tal d'aconseguir la precisió que requereixen i per tant suposen un cost superior.

---

### **1.6.6 Requeriments de seguretat**

Aquests requeriments fan referència al grau de seguretat que s'ha de tenir en diferents punts perillosos del mecanisme, la fallada dels quals suposaria un perill per als usuaris del mateix. La solució per establir cada sistema de seguretat dependrà d'una sèrie d'estudis que es realitzaran més endavant, de manera que només es poden especificar les zones del mecanisme o les funcions, que tenen major risc:

- Seguretat en la fixació de la guia amb el terra i amb la paret sobre la que es recolza. Evitar que es produeixin moviments de la guia que la facin lliscar sobre les superfícies de recolzament.
- Assegurar el correcte enclavament del cos carregat sobre les lleves, per evitar que el cos pugui lliscar en sentit contrari caure.
- Evitar possibles bolcaments del cos en el procés d'elevació del mateix.
- Sistema de fixació de la càrrega que es vulgui elevar en la safata del dispositiu. D'aquesta manera es busca realitzar una elevació dels materials més segura, per tal d'evitar possibles caigudes dels elements que es volen elevar.

---

## 1.7 ANÀLISI DE SOLUCIONS

### 1.7.1 Concepte general del nou disseny

La solució que es busca per al nou disseny està basada en el dispositiu “Herminio” i per tant conserva el seu mecanisme de funcionament així com algunes de les dimensions i relacions que té el dispositiu original. Tot i això, s’han hagut de realitzar una sèrie de modificacions per tal de poder adaptar el dispositiu als requeriments desitjats.

Aquest apartat del projecte inclou les diverses solucions estudiades per les diferents modificacions del dispositiu, així com els avantatges i inconvenients de cada solució, i la justificació de quina és la solució final triada per a cada modificació.

### 1.7.2 Guia

#### 1.7.2.1 Disseny general

El disseny general de la guia correspon al tipus de disseny que disposa per tal de poder permetre pujar la càrrega a les diferents altures desitjades.

##### 1.7.2.1.1 Primera opció

La primera opció consisteix en crear un sistema desplegable per allargar o escurçar la guia en funció de l'alçada que es necessiti cobrir. D'aquesta manera, amb un mecanisme com el que es té en les escales desplegables convencionals, es pot arribar a l'alçada on es vulgui elevar la càrrega, mantenint l'angle de treball requerit.

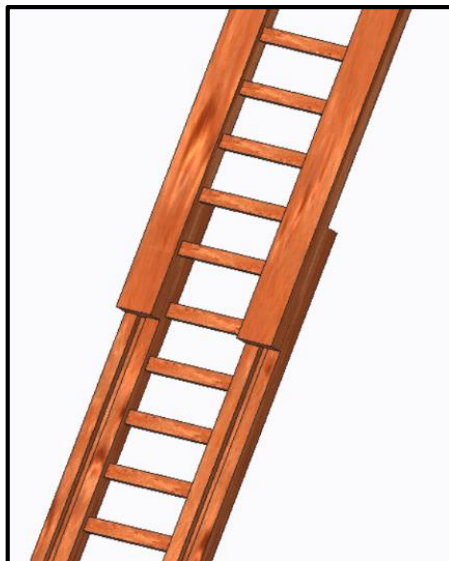
#### **Avantatges:**

- És el sistema més efectiu per poder regular l'alçada desitjada.
- Permet emmagatzemar la guia amb dimensions més reduïdes que si es tingues un sistema amb una guia fixa.
- El transport de la guia és més senzill degut al poc espai que ocupa.



### Inconvenients:

- S'ha d'instal·lar un sistema més complex de guies i corredores, per tal de poder allargar o escurçar la longitud de la guia del dispositiu.
- El fet de que el material utilitzat per al mecanisme sigui fusta, fa que un sistema de corredora tingui friccions elevades, si no es tracta la fusta correctament.
- Per aconseguir un millor sistema de guies i corredores es necessari instal·lar peces d'altres materials, com per exemple els metàl·lics, amb altres propietats mecàniques.
- El fet de crear un sistema plegable implica que les lleves que s'han d'instal·lar a banda i banda de la guia, no siguin fixes i s'hagin de treure o ficar cada vegada que es vulgui escurçar o allargar la guia. Això suposa una pèrdua de temps considerable, i a part al no tenir les lleves fixes, el seu rendiment és inferior ja que poden aparèixer vibracions o forces que facin desenganxar les lleves i això és fatal per al funcionament del mecanisme.
- Aquesta guia té menys propietats mecàniques que en una guia rígida, ja que en els punts de juntura de cada tram d'allargament o escurçament de la guia, es tenen punts crítics alhora de suportar el pes de la càrrega que s'ha de pujar, i poden suposar el trencament de la guia.
- Com més complex és el sistema, major cost suposa la seva fabricació, i s'està buscant un mecanisme que sigui el més econòmic possible.
- El fet de tenir que disposar d'altres materials a part de la fusta, també implica un cost addicional en la fabricació, i fa que ja no sigui tant fàcil aconseguir un sistema econòmic i fàcil de fabricar en els països subdesenvolupats.



*Fig. 1.25 Primera opció estudiada com a possible solució del disseny general de la guia.*

#### 1.7.2.1.2 Segona opció

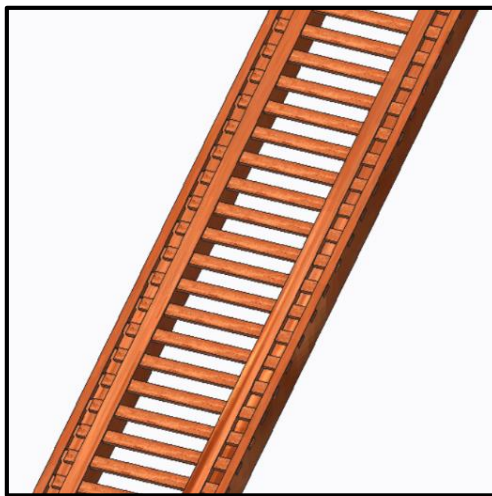
Aquesta segona opció consisteix en mantenir el model de guia com el que es tenia en el dispositiu “Herminio” de manera que únicament es disposa de una sola guia rígida.

##### **Avantatges:**

- Es conserven les propietats mecàniques al llarg de tota la guia, ja que no existeix cap punt d'ancoratge entre les diferents parts de la guia, com si que es té en la primera opció.
- La fabricació d'aquesta guia és senzilla ja que no disposa de cap mecanisme especial i únicament utilitza un sol tipus de material.
- La fabricació és econòmica ja que no necessita de materials especials ni de realitzar grans mecanitzats.
- Per arribar a les alçades més baixes i mitjanes de les requerides, és un sistema que ofereix molt bon rendiment i permet actuar en zones amb poca maniobrabilitat.

##### **Inconvenients:**

- No és possible regular l'alçada de la guia un cop està construïda, això implica que s'ha de fabricar una nova guia o reutilitzar una construïda anteriorment, segons el tipus d'alçada al que es vulgui arribar.
- El transport i el emmagatzematge de la guia un cop és utilitzada és més complex, ja que per arribar a les alçades més altes de les exposades en els requeriments, es necessita de guies de dimensions elevades.



*Fig. 1.26 Segona opció estudiada com a possible solució del disseny general de la guia*

---

#### 1.7.2.1.3 Opció seleccionada com a solució

S'ha triat la segona opció, corresponent a la utilització d'un disseny general de guia rígida, pels motius següents:

- Tot i que la primera opció ofereix la millor solució per tal de poder arribar a les diferents alçades amb només una guia; la gran complexitat que suposa el seu disseny i la seva fabricació, el descarten com a possible solució del disseny del nou model.
- La segona opció implica tenir que fabricar guies segons el tipus d'alçada que es vulgui superar, cosa que és un gran inconvenient des del punt de vista pràctic del dispositiu. Tot i això és possible determinar una sèrie de dimensions estandarditzades de guia, segons l'alçada desitjada i així accelerar el procés de fabricació i disposar d'un ampli ventall de guies.
- La primera opció és una bona solució de cara a emmagatzematge i transport de la guia, però a canvi es perd un gran rendiment mecànic, que si que es conserva en el disseny general de la segona opció.
- El punt més determinant en l'elecció de la solució del disseny general de la guia, és el seu cost econòmic i facilitat de fabricació, ja que cal recordar que un dels principals requeriments del disseny és que pugui ser utilitzat en països subdesenvolupats, de manera que les restriccions de cost econòmic i procés de fabricació es troben per sobre d'altres condicionants.

### 1.7.2.2 Disseny detallat: Estructura

#### 1.7.2.2.1 Primera opció

En aquesta opció estudiada s'ha volgut mantenir l'escala central i la guia tal i com es tenia en el dispositiu "Herminio". Per tant, el muntatge de les mateixes és exactament igual, es tenen les lleves **Tipus-III** de la guia sobre les que es recolzen les lleves **Tipus-III** de l'escala central. D'aquesta manera es permet que un usuari del dispositiu, es pugui situar sobre l'escala central i ajudar a empenyer el cos als altres usuaris de les palanques, o inclús utilitzar les palanques des del centre del cos.

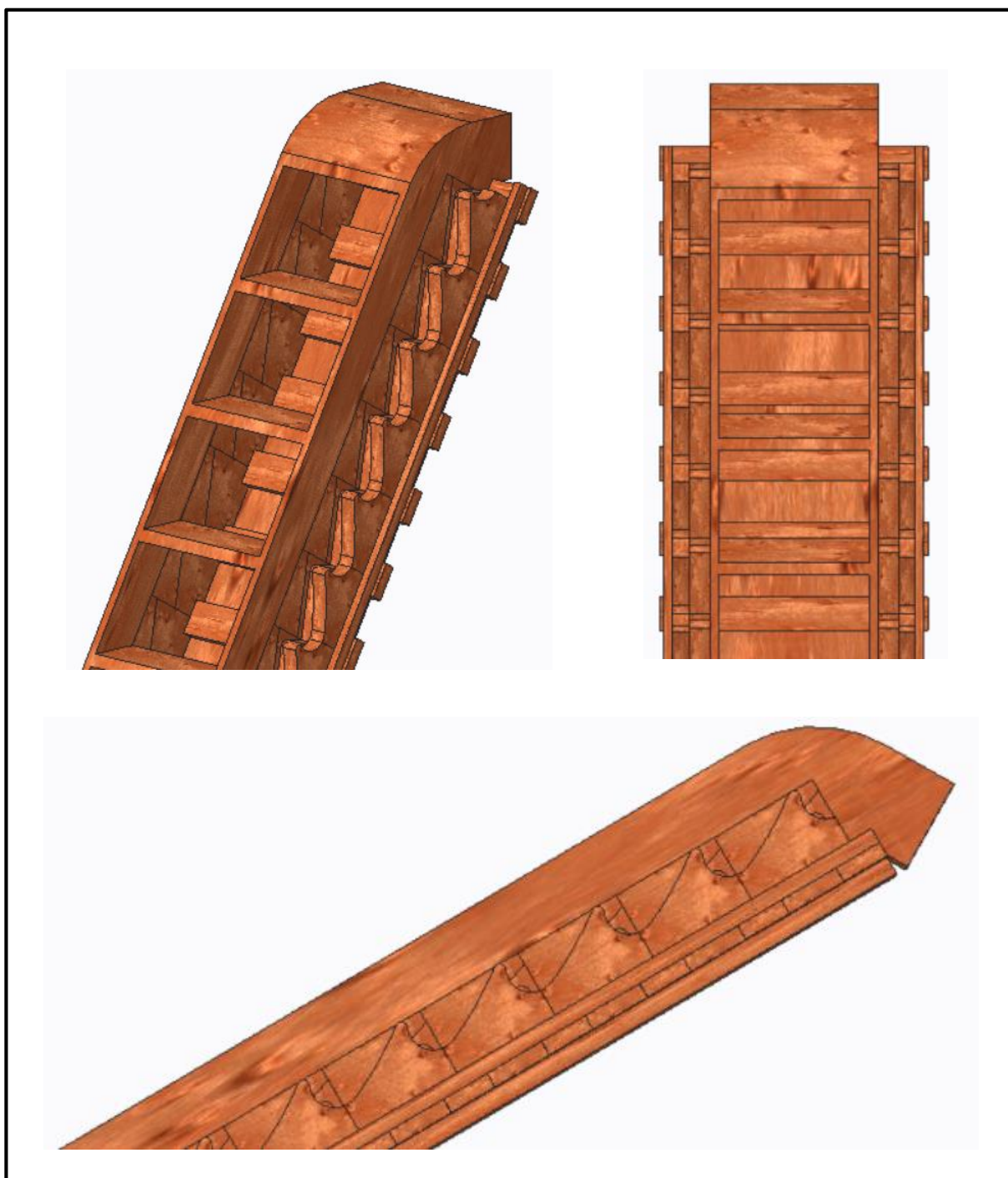
#### Avantatges:

- Es pot realitzar més força sobre el cos, ja que es pot tenir un usuari més.
- És té una major fixació de la guia amb les superfícies de recolzament, ja que el pes de l'escala central recau sobre la mateixa guia.
- Facilita el gir del cos al arribar a l'alçada superior per tal de col·locar-lo de forma horitzontal per a que pugui ser arrossegat al arribar a l'alçada desitjada.

#### Inconvenients:

- El pes de l'estructura augmenta considerablement ja que es necessita una escala rígida de dimensions molt similars a la guia.
- La guia ha de suportar el pes de l'escala i de l'usuari de la mateixa, a part del cos amb la càrrega, això implica que les dimensions de la guia seran grans i el pes superior.
- La fabricació de l'escala central juntament amb les lleves **Tipus-III** de la guia i l'escala, acaba sent més complexa ja que es tenen més elements i de majors dimensions.
- El cost econòmic i de recursos també és major en aquesta opció.
- Les lleves **Tipus-II**, utilitzades per suportar el cos, tenen les zones més crítiques de trencament i deformació de tot el mecanisme. Al utilitzar l'escala central en aquesta opció, és necessari utilitzar les lleves **Tipus-III** per sostenir l'escala sobre la guia, i per tant s'acaba generant més punts crítics provinents de les lleves **Tipus-III**, que s'afegeixen a les provocades en les lleves **Tipus-II**.
- Aquesta opció fa més difícil el fet transportar i emmagatzemar el mecanisme, degut a que a part de la guia, la qual ja té grans dimensions, també és necessari tractar amb l'escala central, de dimensions similars a la guia.

- L'escala central dificulta molt la seva facilitat d'utilització en el moment que sigui necessari, ja que la guia encara es possible arrossegar-la i ubicar-la en el lloc corresponent, però l'escala central s'ha de fer encaixar sobre la guia en el moment de la utilització, i aquest es un procés llarg i complex.



*Fig. 1.27 Primera opció estudiada com a possible solució del disseny detallat de l'estructura de la guia.*

---

#### 1.7.2.2.2 Segona opció

Aquesta segona solució consisteix en eliminar l'escala central, de manera que els usuaris únicament poden elevar el cos a través de les palanques, des dels laterals del dispositiu. A més d'això, la guia no és completament rígida, sinó que disposa d'una obertura central, realitzada per reduir el pes.

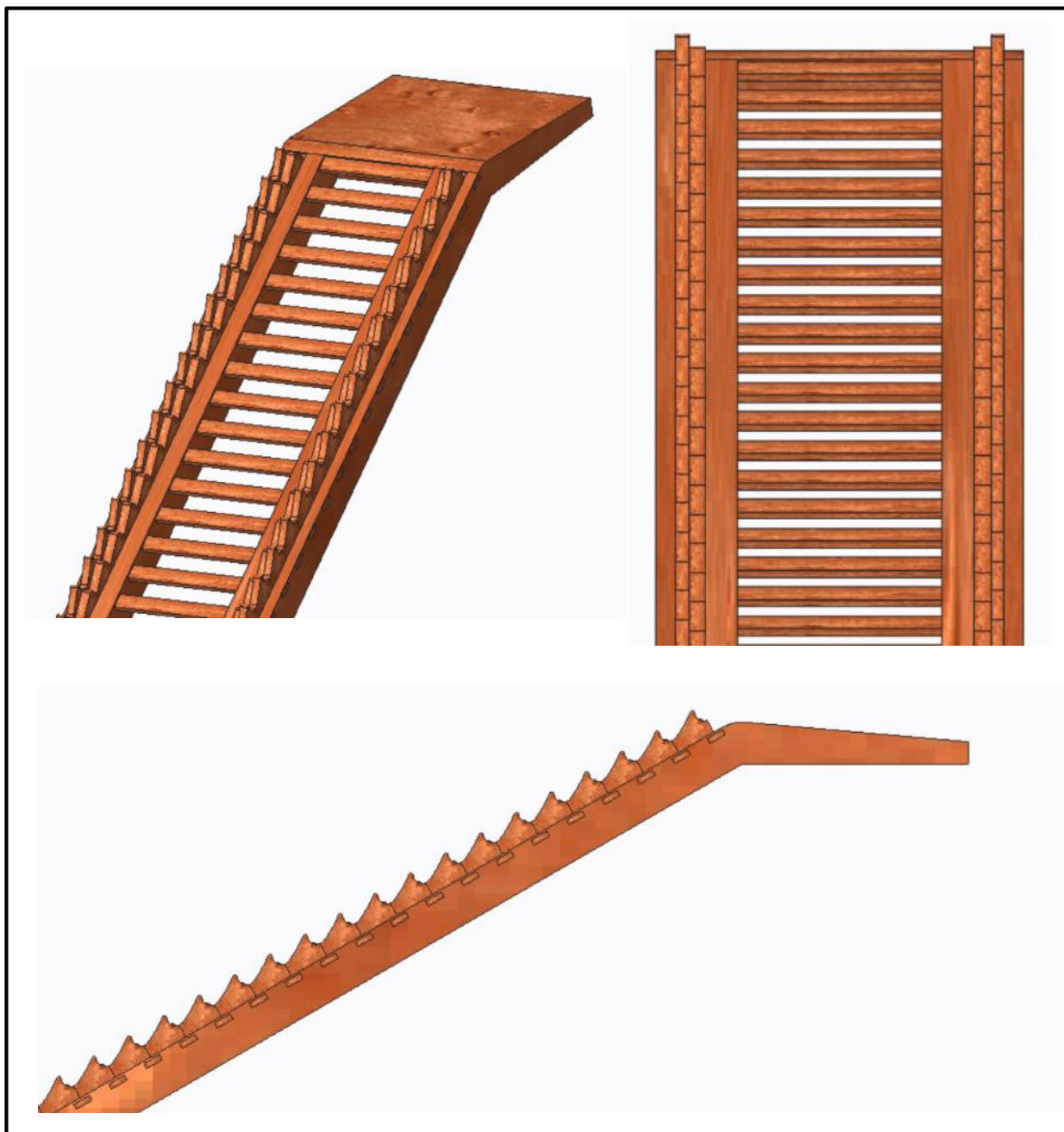
#### **Avantatges:**

- La guia no necessita les mateixes propietats mecàniques que en la primera opció, es pot permetre que sigui menys resistent ja que no necessita suportar el pes de l'escala central, ni de l'usuari de la mateixa.
- Al tenir un sistema menys restrictiu en la guia, es possible realitzar una reducció del pes en la guia, eliminant gran part del volum central que en la primera opció s'utilitza per repartir el pes de l'escala central.
- La fabricació de la guia és molt més senzilla, ja que no es necessita fabricar totes les lleves **Tipus-III** per al recolzament de l'escala, així com tampoc és necessari fabricar la pròpia escala.
- La reducció en la complexitat de fabricació i el fet de no necessitar tants recursos, ja que el cost econòmic de la guia sigui inferior en aquesta opció.
- L'emmagatzematge i transport de la guia és més senzill que en la primera opció, ja que únicament es té la guia com element més voluminós.

#### **Inconvenients:**

- La resta del mecanisme s'ha de dissenyar per a que la càrrega màxima que es vol aixecar, es pugui elevar únicament amb la força del operari amb les palanques, situats en els laterals del mecanisme. Al no disposar d'escala central en aquesta opció, no es possible disposar de un usuari en la part central ajudant a l'elevació del dispositiu.
- S'han de tenir bones propietats mecàniques en les zones properes a les lleves **Tipus-II** de la guia, ja que ara no es disposa de tant volum de guia, per repartir el pes del cos carregat.





*Fig. 1.28 Segona opció estudiada com a possible solució del disseny detallat de l'estructura de la guia.*

### 1.7.2.2.3 Tercera opció

La tercera solució estudiada consisteix en un desenvolupament de la segona opció, que es basa en utilitzar dos carrils independents per a que actuïn de guia del cos. De nou es torna a eliminar l'escala central, i únicament es tenen dues vies amb les lleves **Tipus-I** i **Tipus-II**. Aquestes vies es col·loquen a la distància adequada, corresponent a l'amplada del cos, i no tenen cap unió entre elles.

#### **Avantatges:**

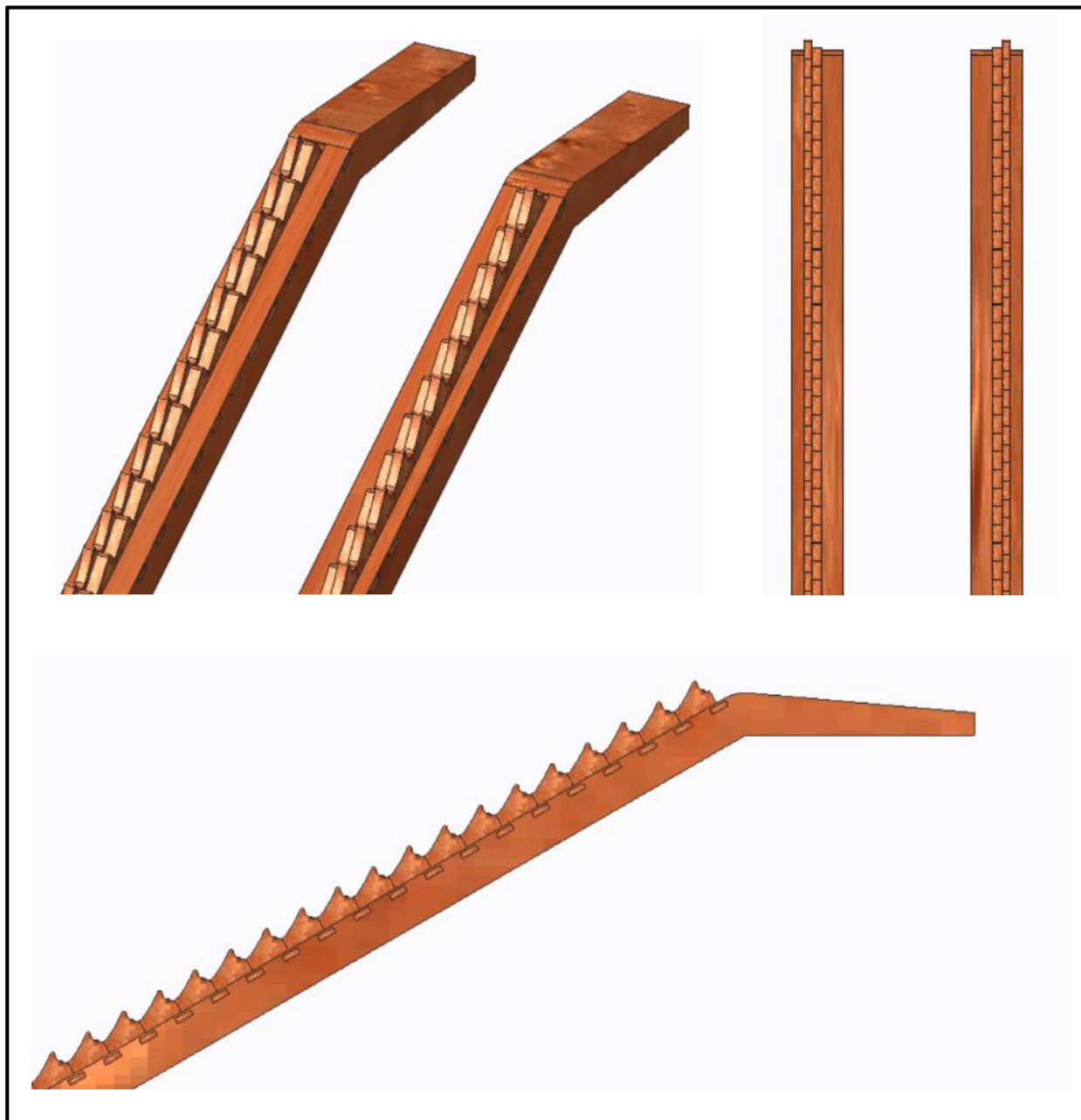
- És l'opció amb la que s'aconsegueix una guia més lleugera i maniobrable.
- Aquesta opció presenta l'emmagatzematge i transport més senzill de tots, ja que les dimensions i pes de la guia són molt inferiors al de les altres opcions.
- La fabricació és molt senzilla ja que és un sistema que permet fabricar fàcilment per parts la guia, a diferència de les altres opcions que impliquen la fabricació d'un gran volum.
- És l'opció que consumeix menys recursos, cosa que la fa la més econòmica de les vistes anteriorment.

#### **Inconvenients:**

- Es necessiten grans propietats mecàniques en les dos vies, ja que sobre aquestes recau tot el pes del cos carregat a través de les lleves **Tipus-II**, i part de la força dels usuaris sobre les palanques que es transmet a la guia a través de les lleves **Tipus-I**.
- Augmenta en gran manera la possibilitat de trencament de les vies, com més càrrega s'afegeixi al cos. Al tenir un volum molt inferior comparat amb el que es tenia en les altres opcions, el pes no es pot repartir d'igual manera, i es concentren moltes forces i tensions sobre cada via, augmentant la probabilitat de fractura.
- Al no tenir les dos vies unides i treballar cadascuna de forma individual, pateixen un efecte semblant al de una biga fixada per els dos extrems, de manera que al aplicar una càrrega en el centre, suposa una gran deformació i desplaçament dels punts afectats per la càrrega.
- Es tenen els mateixos inconvenients relacionats amb la falta d'escala central, que en la segona opció.
- El seu sistema de fixació a la paret i al terra ha de ser més complex que en les altre opcions, ja que les vies que formen la guia, estan separades en tot moment.
- El fet de no tenir les dos vies unides, pot causar el desplaçament d'alguna en el moment en que s'està utilitzant el dispositiu, cosa que pot fer caure el cos.



- Fa que sigui més difícil descarregar el cos, i es necessiti de molts operaris en la part superior, per arrossegar-lo mitjançant cordes.



*Fig. 1.29 Tercera opció estudiada com a possible solució del disseny detallat de l'estructura de la guia.*

---

#### 1.7.2.2.4 Opció seleccionada com a solució

S'ha triat la segona opció, corresponent a la utilització d'una guia sense escala central i que actua com un conjunt, pels motius següents:

- Disposa d'unes propietats mecàniques inferiors a la primera opció però superiors a la tercera. D'aquesta manera es pot evitar la utilització de l'escala central que només afegeix càrrega sobre la guia, tot mantenint la guia com un conjunt amb bones propietats com per suportar el cos.
- Facilita el gir i descàrrega del cos sobre la guia, cosa que en la tercera opció no es podia aconseguir.
- Es més fàcil de transportar i d'emmagatzemar que en la primera opció, sense sacrificar el bon funcionament del mecanisme, com sí que succeeix en la tercera opció.
- Combina la rigidesa i l'actuació com a conjunt de la primera opció, amb la lleugeresa i facilitat de maniobrabilitat de la tercera opció, gràcies a la reducció de volum de la zona central de la que disposa.
- En conclusió, és l'equilibri entre la primera i la tercera opció.

### *1.7.2.3 Disseny detallat: Fixació de les lleves*

#### *1.7.2.3.1 Primera opció*

La primera solució estudiada consisteix en mantenir el disseny del dispositiu “Herminio”, de manera que es situaran una sèrie de barres rectangulars de forma perpendicular a la guia. Aquestes barres estaran fixes en la guia i es ficaran a una distància de permeti encaixar cadascuna de les lleves de la guia. D'aquesta manera es té una seqüència lleva, barra, lleva, barra; que es va repetint al llarg de tota la guia.

#### **Avantatges:**

- És un sistema fàcil de muntar, ja que només cal introduir les lleves en les ranures entre les barres i fixar-les. Per tant, es guanya en temps de preparació del dispositiu.
- En cas de trencar-se alguna de les lleves, es possible substituir-les ja que no estan fixades a la guia. Únicament s'ha de desencaixar la lleva que es vol substituir, de la seva posició entre les barres transversals, i encaixar la nova. Aquest sistema és aplicable tant a les lleves **Tipus-I**, com per a les lleves **Tipus-II**.
- Com les barres transversals formen part de l'estructura general, donen major robustesa a la guia ja que els dos carrils sobre els que es col·loquen les lleves, queden units.
- Les lleves no es troben completament fixades a la guia, sinó que disposen d'un petit joc per evitar grans tensions que poden suposar trencament de la lleva o de les barres transversals, en cas de que es tinguessin les lleves completament fixades.

#### **Inconvenients:**

- En cas de que alguna barra es trenqui no es possible reemplaçar-la per una altra, ja que totes les barres formen part de l'estructura general. Això suposa un gran inconvenient ja que les zones on no es disposa de barra transversal, no es possible encaixar les lleves i per tant el cos no pot pujar.
- El fet de tenir que fabricar tota l'estructura amb les barres transversals formant part de la mateixa, fa que sigui molt complex el procés de fabricació, i això suposa un cost superior.



*Fig. 1.30 Primera opció estudiada com a possible solució del disseny detallat de la fixació de les lleves en la guia.*

---

#### 1.7.2.3.2 Segona opció

Aquesta opció consisteix en eliminar completament les barres transversals que es tenien en la primera opció, i fixar les lleves directament sobre la guia, de manera que formin una estructura homogènia. D'aquesta manera és té una guia que és un únic bloc compacte, cosa que afecta directament a les seves propietats mecàniques, així com el seu procés de fabricació i cost de producció.

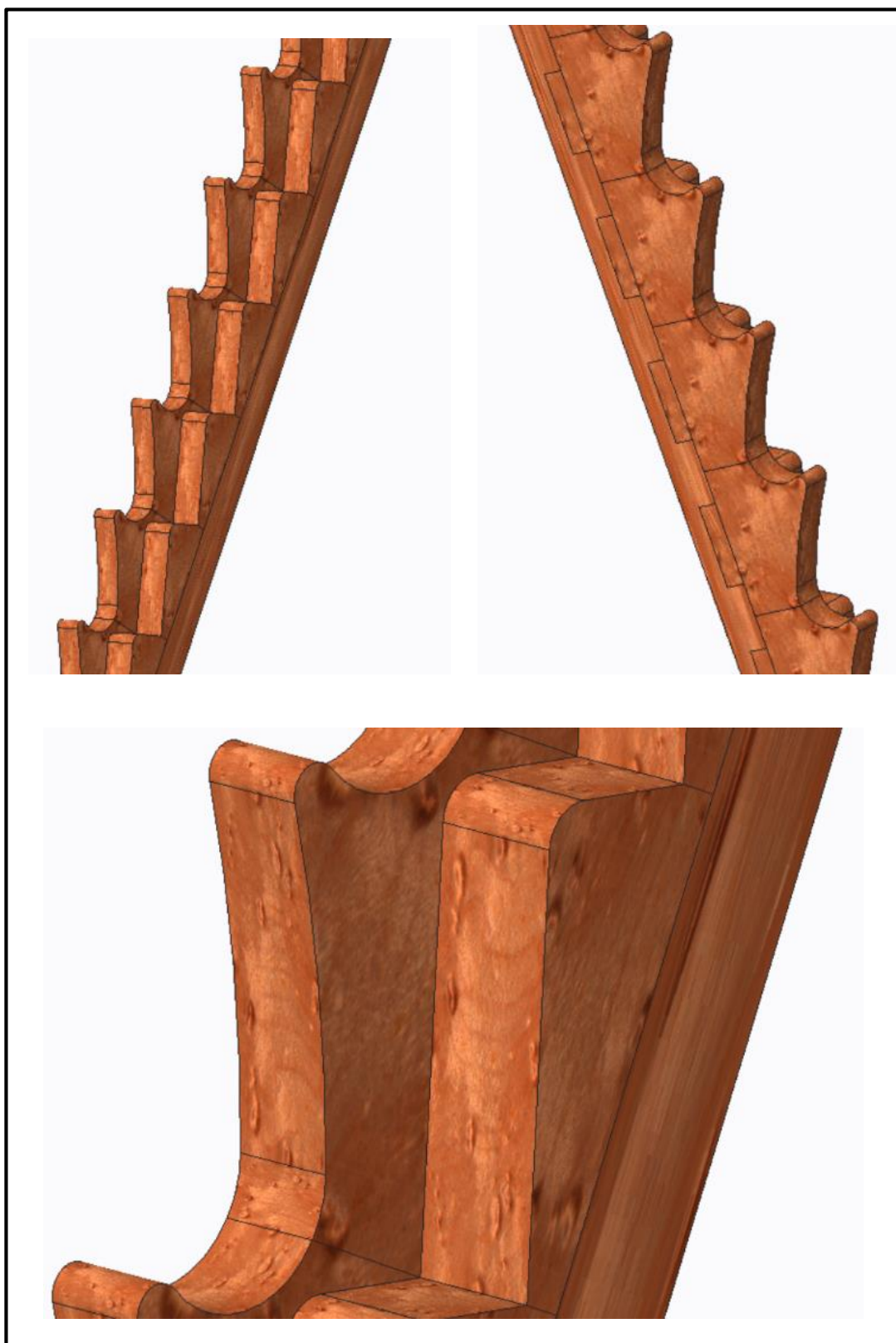
##### **Avantatges:**

- Es poden suprimir les barres transversals que suposen un cost en la fabricació.
- S'aconsegueix una guia que permet la utilització directa d'aquesta sense tenir que fer preparacions de col·locar cadascuna de les lleves entre les barres transversals.
- Al no comptar amb les barres transversals, també s'aconsegueix una reducció del pes de la guia.
- Les lleves formen part de la guia i no són peces externes, cosa que permet realitzar una millor repartició de la càrrega sobre tota la guia.

##### **Inconvenients:**

- Si es produeix el trencament de alguna lleva no es possible intercanviar-la com sí que es pot fer en la primera opció, i això suposa que tota la guia s'hauria de fabricar de nou. Aquest és el major inconvenient d'aquesta opció.
- A més també es té que el cost de fabricació és alt ja que s'ha de fer un gran mecanitzat per tal de donar-li la forma de les lleves **Tipus-I** i **Tipus-II**, directament sobre la guia.
- El transport i emmagatzematge d'aquesta opció de guia és complicat ja que s'ha de tenir extrema precaució en evitar cops que puguin trencar alguna de les lleves i que inhabilitarien completament la guia.





**Fig. 1.31** Segona opció estudiada com a possible solució del disseny detallat de la fixació de les llevs en la guia.



#### 1.7.2.3.3 Tercera opció

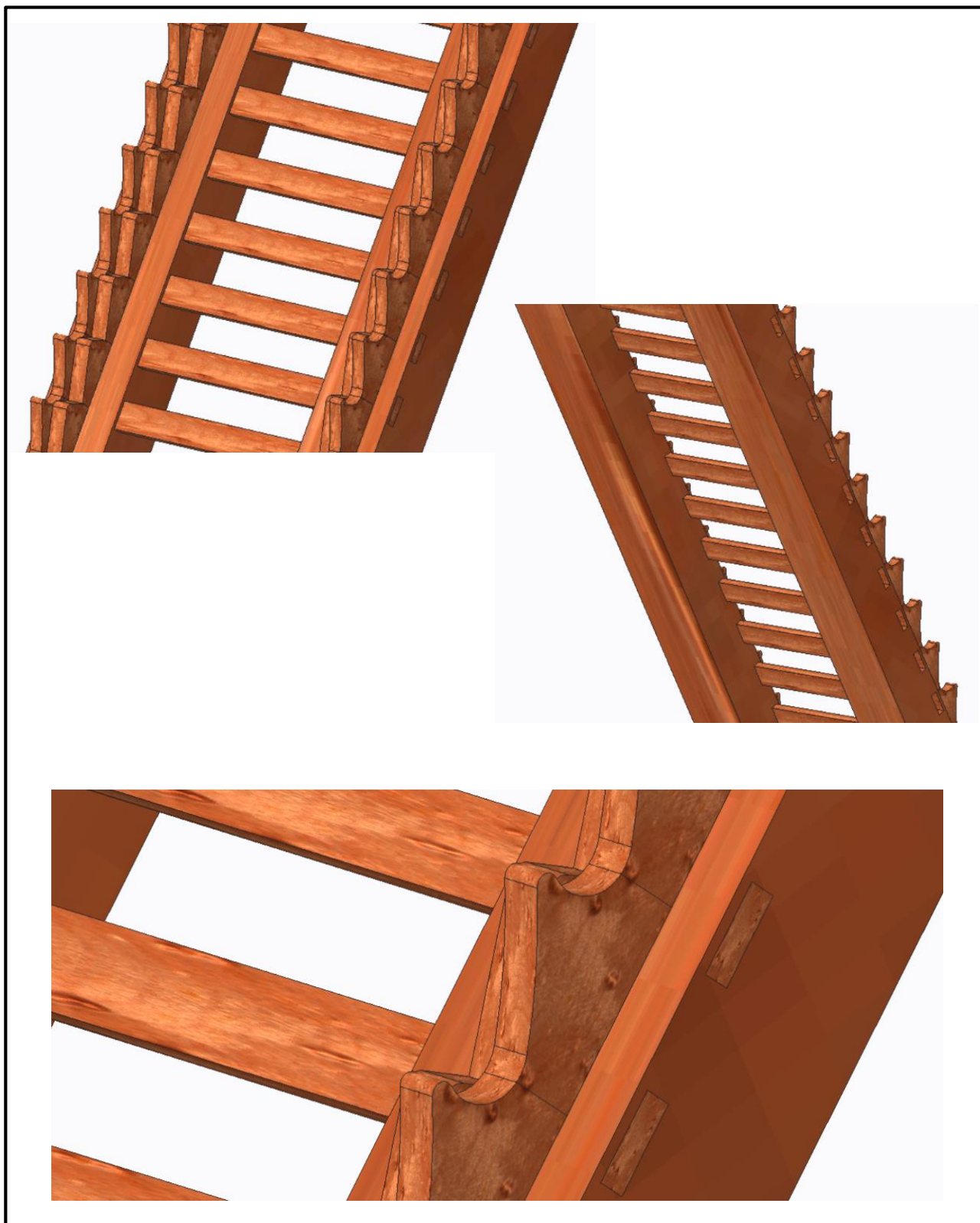
La tercera opció està basada en la primera ja que utilitza de nou el mètode utilitzat en el dispositiu “Herminio” amb les lleves mòbils i les barres transversals. L'única diferència amb la primera opció, consisteix en que les barres transversals no formen part de l'estructura general, sinó que és possible introduir-les o extreure-les, a través d'unes ranures que es tenen en els laterals de la guia.

#### **Avantatges:**

- El seu principal avantatge consisteix en corregir l'inconvenient principal que es té en la primera opció, que és degut a que les barres transversals en l'estructura són mòbils i per tant no es poden reemplaçar. Amb aquesta tercera opció, al tenir unes barres transversals reemplaçables, és possible substituir-les quan alguna està trencada o danyada. D'aquesta manera encara que alguna barra es trenqui es possible continuar fent servir l'estructura ja que només cal retirar les lleves que es recolzen sobre la barra afectada, extreure la barra danyada, introduir la nova barra, i fixar-la amb les lleves que es recolzen sobre la mateixa.
- El transport i emmagatzematge també és molt més senzill i pràctic amb aquesta opció, ja que es pot desmuntar de la guia tant les lleves com les barres transversals deixant únicament l'estructura general. D'aquesta manera, és possible emmagatzemar i transportar l'estructura per una banda, i la resta de complements per l'altra, evitant riscos de trencament de les lleves i les barres degut a cops.
- La fabricació és molt més senzilla que en la primera i segona opció, ja que cada part es pot fabricar per separat i muntar-se en el moment en que sigui necessari.
- Si es disposen d'altres guies per a altres altures amb barres transversals, és possible utilitzar-les per a la nova guia adquirida per l'usuari, de manera que no es necessita comprar o fabricar totes les barres transversals, ja que es poden fer servir les de les guies anteriors.
- Com és una millora de la primera opció, també compta amb els avantatges descrites anteriorment per a l'opció inicial.

#### **Inconvenients:**

- La preparació de la guia per la utilització del mecanisme, suposa un gran temps, ja que s'han de instal·lar cadascuna de les barres i de les lleves. Per tant, el desmuntatge de la guia també és un procés lent.



*Fig. 1.32 Tercera opció estudiada com a possible solució del disseny detallat de la fixació de les lleves en la guia.*

---

#### 1.7.2.3.4 Opció seleccionada com a solució

S'ha triat la tercera opció, corresponent a la utilització del mètode del dispositiu "Herminio", però eliminant les barres fixes a l'estructura, i fent que aquestes siguin reemplaçables. Els motius pels que s'ha triat aquesta opció són:

- És l'opció que millor soluciona la fixació de les lleves i a la vegada permet l'intercanvi dels diferents elements entre altres guies, així com també reemplaçar-los en cas de dany o trencament. La primera opció estudiada no permet l'intercanvi de les barres transversals, i la segona opció no permet reemplaçar les lleves.
- És la millor solució de cara al transport i emmagatzematge, per tal d'evitar cops que puguin danyar els elements, ja que aquests es poden desmuntar del cos de la guia. La segona opció sí que es cert que permet eliminar les barres transversals i això facilita el transport, però en canvi el fet de tenir les lleves fixes a la guia, fa que sigui fàcil que es trenqui alguna de les lleves degut a algun cop o accident. En la primera opció, succeeix el mateix que en la segona, però en comptes de ser les lleves les que tenen major risc, en aquest cas són les barres transversals que estan fixades a l'estructura.
- La fabricació i producció dels diferents elements utilitzats en la tercera opció és més senzilla ja que tot és pot construir per parts, i realitzar el muntatge final allí on es tingui que utilitzar el dispositiu. Això suposa un cost inferior en la fabricació, a diferència de la segona i primera opció que tenen un cost superior de fabricació ja que s'han de crear grans estructures complexes amb molts detalls.
- La tercera opció és creu millor ja que millora la primera, i soluciona els inconvenients de la segona opció.

---

#### **1.7.2.4 Disseny detallat: Base i suports de la guia**

##### **1.7.2.4.1 Primera opció**

La primera opció consisteix en crear una base rectangular, que tingui l'amplada de la guia i que estigui connectada aquesta per l'extrem inferior. La base rectangular també conté una sèrie de pilars que sostenen a banda i banda la guia inclinada, per tal de repartir el pes del cos carregat cap a l'estructura i així evitar possibles trencaments i deformacions. El número de pilars necessaris depèn de les dimensions de la guia, corresponents a l'altura que es vulgui elevar el cos, tot i això a l'altura màxima segons els requeriments que es vol arribar, només és necessiten de dos pilars (consultar *Annex III*) a cada banda dels carrils de les guies, ja que són els punts on és tenen les lleves sobre les que es recolza el cos, fent així necessaris un total de 4 pilars.

##### **Avantatges:**

- És té una millor repartició del pes del cos i de les reaccions que es produeixen en la guia. D'aquesta manera no es fa una transmissió directa al sòl, sinó que primer el pes recau sobre tota la base rectangular.
- Disposa d'una base rectangular facilita el transport i l'emmagatzematge de tota l'estructura de la guia, ja que és possible arrossegar la base que és totalment plana.
- El fet de disposar de pilars per sostenir l'estructura inclinada fa possible poder carregar el pes màxim establert en els requeriments, que no es podria arribar a carregar si la guia no disposés de cap recolzament.
- Els pilars i la base rectangular són elements que s'encarreguen d'oferir major seguretat a l'estructura, i treballar amb menor risc de possibles trencaments de la guia que podrien fer caure el cos.
- Al tenir una superfície major en contacte amb el terra es redueix la possibilitat de que la guia llisqui i es desplaci de la seva posició de treball.

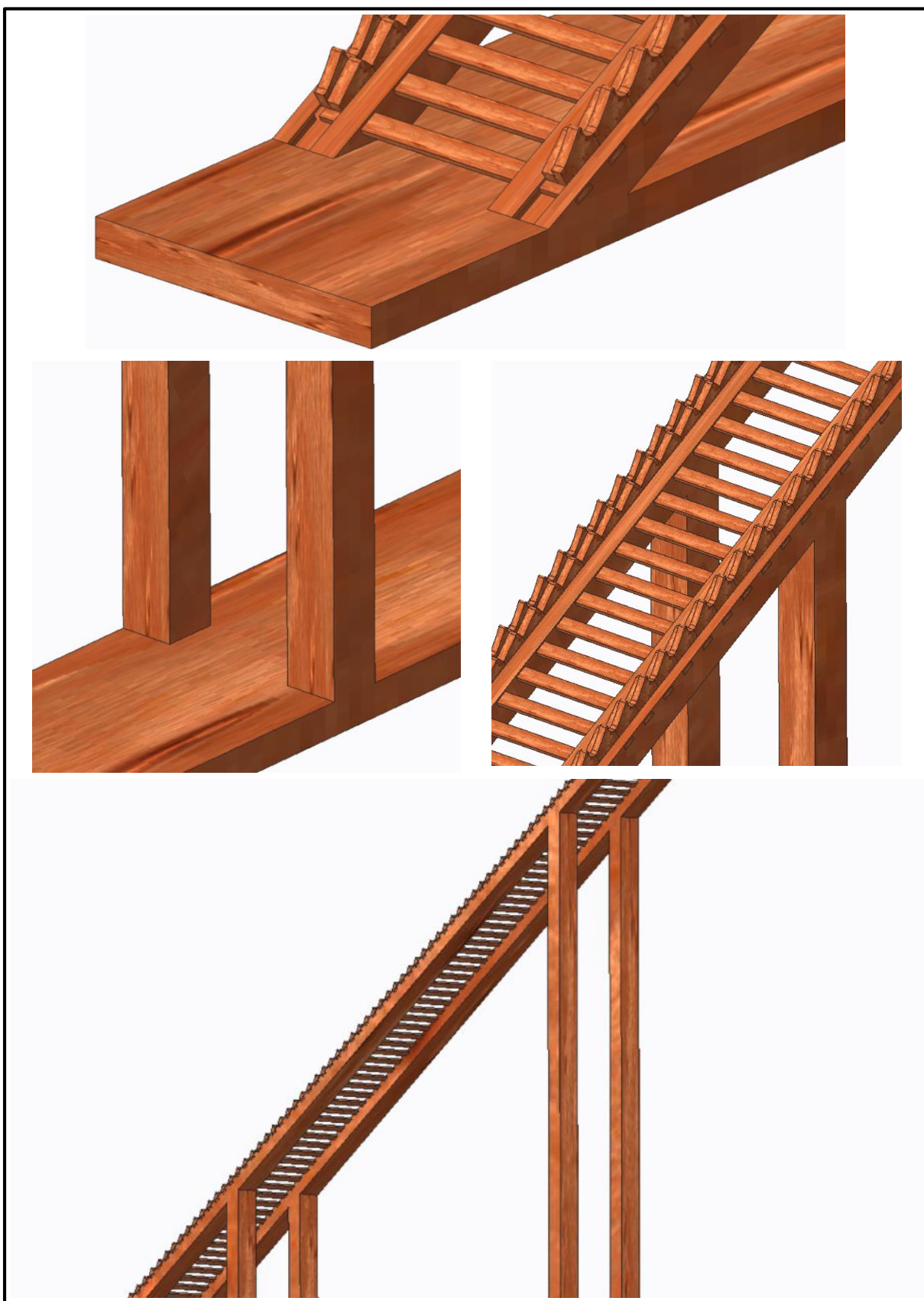
##### **Inconvenients:**

- Es té un major pes de l'estructura, cosa que implica utilitzar més material per fabricar tota la guia, i per tant el cost és major.



*Fig. 1.33* Vista general de la primera opció estudiada com a possible solució del disseny detallat de la base i suports de la guia.





*Fig. 1.34 Vista detallada de la base i dels pilars que fan de suports de la guia, en la primera opció.*

---

#### *1.7.2.4.2 Segona opció*

Aquesta segona opció està basada en la primera, de manera que es mantenen els pilars com a suports de la guia, però en comptes de tenir una única base rectangular sobre la que es recolza la guia i els pilars, en aquest cas es té una petita base per a cadascun dels elements que fan de suport. És a dir, en aquesta opció cada parella de pilars disposa d'una petita base rectangular, per tal d'evitar el lliscament d'aquests sobre la superfície del sòl. L'extrem inferior de la guia inclinada també descansa sobre una petita base rectangular que augmenta la superfície de contacta amb el terra, per evitar el lliscament de la guia.

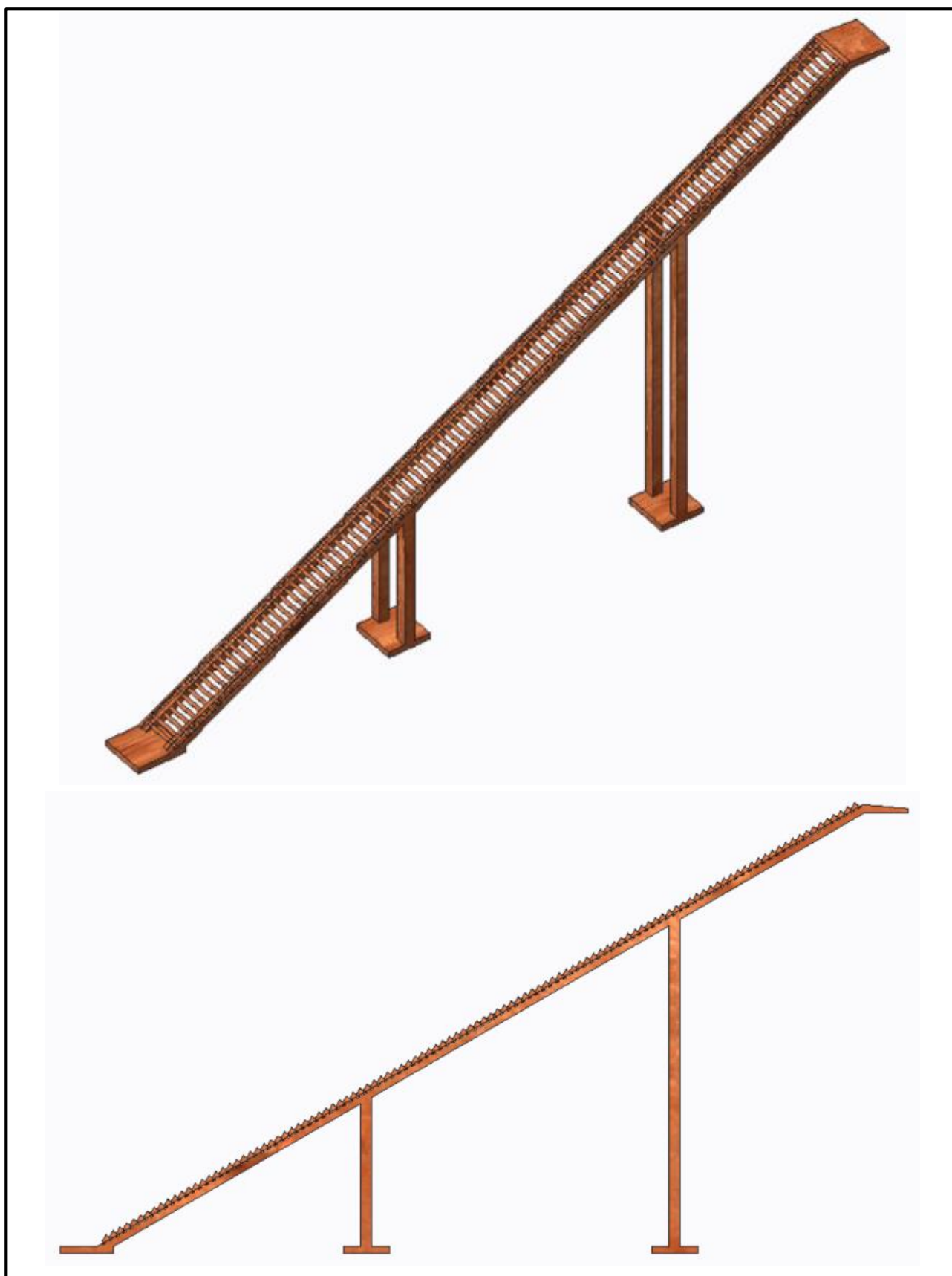
**Avantatges:**

- S'aconsegueix una reducció en el pes de l'estructura, cosa que fa més fàcil el transport i emmagatzematge.
- L'estructura és menys voluminosa que la vista en la primera opció, cosa que és ideal per treballar en zones amb poc espai de maniobrabilitat.

**Inconvenients:**

- La repartició del pes del cos i l'estructura és fa de forma més directa sobre el terra, de manera que es poden produir trencaments o deformacions sobre el mateix més fàcilment.
- L'estructura no es troba tant fixada al sòl com en la primera opció, cosa que pot provocar el lliscament de la mateixa mentre s'està treballant amb el mecanisme.





*Fig. 1.35 Vista general de la segona opció estudiada com a possible solució del disseny detallat de la base i suports de la guia.*



*Fig. 1.36 Vista detallada de la base i dels pilars que fan de suports de la guia, en la segona opció.*

---

#### 1.7.2.4.3 Tercera opció

Aquesta opció consisteix en eliminar completament els pilars i deixar només una petita base quadrada sobre la que es recolza l'extrem inferior de la guia inclinada. D'aquesta manera la guia es suporta únicament pel recolzament que té amb el terra i la paret com si es tractes d'una escala convencional.

##### **Avantatges:**

- Es té una gran reducció de pes ja que no es necessita ni de base ni de pilars per suportar la guia. Això fa que sigui més fàcil desplaçar la guia fins a la seva posició de treball.
- La fabricació de la guia també és més senzilla, i no necessita de tant material com a les altres dos opcions, per tant, el cos de la producció és més barat.

##### **Inconvenients:**

- El transport de la guia d'aquesta opció és més complex ja que no es pot mantenir en equilibri per si sola, sinó que necessita d'un recolzament, això fa que ocupi més volum alhora de transportar-la.
- Amb aquest sistema es fa un pitjor repartiment de la càrrega sobre el sòl i la paret que en les dos opcions anteriors. Això pot causar fractures i danys en els mateixos, quan es carregui molt pes en el cos.
- La càrrega màxima definida en els requeriments, no pot ser pujada amb aquest sistema quan es treballa amb les guies utilitzades per arribar a majors altures. Això es degut a que la guia per a grans altures és molt llarga, i una càrrega en el cos, com la definida en els requeriments, partiria la guia quan el cos s'estigués apropant a la meitat de la longitud de la mateixa.
- Al tenir únicament dos punt de contacte molt reduïts, amb el terra i la paret, les probabilitats de que l'estructura llisqui o és desplaçat de la seva posició de treball, mentre s'està operant amb el dispositiu, són molt altes, per tant el nivell de seguretat és inferior que en les altres opcions.



*Fig. 1.37 Tercera opció estudiada com a possible solució del disseny detallat de la base i suports de la guia.*

#### 1.7.2.4.4 Opció seleccionada com a solució

La primera opció, corresponent a la utilització d'una base rectangular i pilars com a suport de la guia, és la que s'ha triat com a solució pels motius següents:

- És l'opció que ofereix un millor repartiment de la càrrega del cos i de l'estructura, de manera uniforme sobre el sòl. La segona opció només realitza repartiments concentrats en les zones dels pilars i en l'extrem inferior de la guia. Per altra banda, la tercera opció només distribueix la càrrega entre els dos extrems de la guia, aplicant una gran força al terra i al sòl, factor que pot suposar la fractura dels mateixos.
- La primera opció permet elevar la càrrega màxima definida en els requeriments sense que l'estructura pateixi girs o desplaçaments significatius. En canvi en la segona opció es pot suportar la càrrega màxima definida, però el repartiment que fa de la mateixa sobre el terra a través dels pilars, no es tan òptima com en la primera opció. En la tercera solució estudiada, no es pot suportar la quantitat de pes requerit, ja que la guia no disposa de pilars que permeten suportar la guia i repartir el pes del cos. En aquesta tercera opció, com més al centre de la guia és troba el cos carregat, més perill existeix de que s'acabi partint la guia.
- La primera opció si que utilitza més material i la fabricació de l'estructura implica més costos que en les altres dos opcions, però no és un cost excessiu comparat als avantatges que ofereix aquest solució respecte les altres, per tant, és considera que en aquest apartat el cost econòmic no és significatiu en front de la seguretat de l'estructura.

*\*A l'opció seleccionada se li ha afegit un sistema de reforç entre els pilars, així com uns suports que fixen els pilars a la guia i a la base, per tal d'augmentar el nivell de seguretat de l'estructura. Aquests canvis es poden observar en l'apartat de Plànols d'aquest projecte del nou disseny.*

*\*Els estudis del número de pilars que és necessiten segons el tipus de guia que es té, així com els esforços interns, desplaçaments i girs provocats per la càrrega, es mostren en l'Annex III, corresponent als càlculs de l'estructura.*

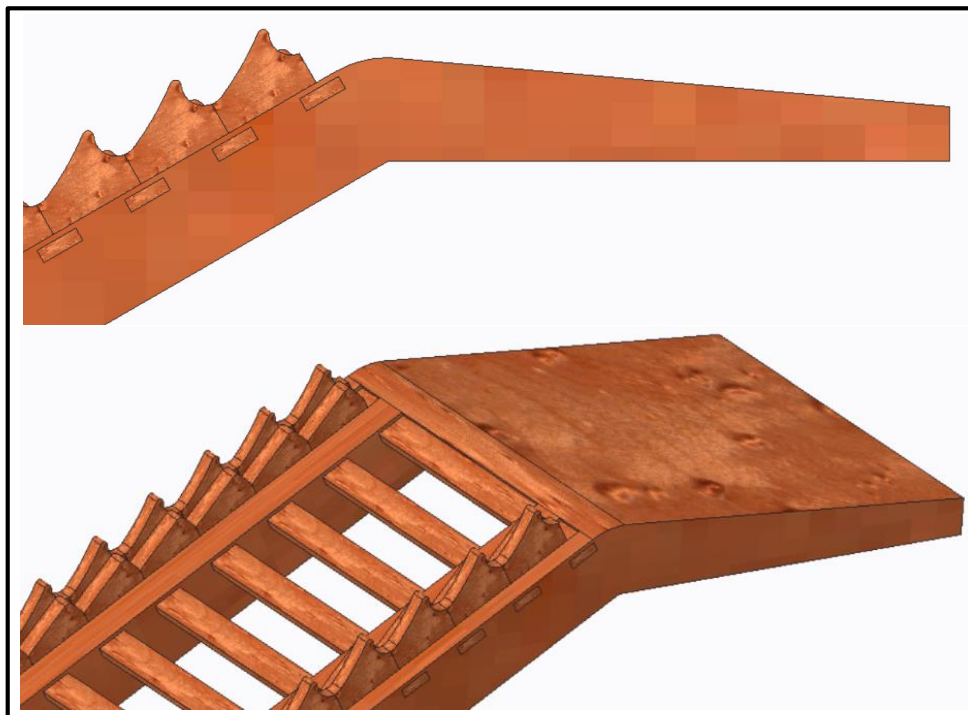
### *1.7.2.5 Disseny detallat: Extrem de descàrrega*

Aquest apartat fa referència a l'opció triada com a solució per a l'extrem superior de la guia sobre el qual es bolca el cos, per tal de descarregar-lo de la guia. En aquest cas només s'ha estudiat una opció possible ja que no existeixen més alternatives factibles a la triada.

La solució està basada en el disseny del dispositiu "Herminio", per tant l'extrem superior de la guia consta d'un arrodoniment a partir del qual els dos carrils sobre els que es tenen les lleves a banda i banda de la guia, s'ajunten formant una única peça i tancant l'obertura central que té la guia.

És a partir del gir on es canvia la inclinació d'aquesta guia massissa de manera que es crea una rampa que recolza sobre l'alçada de l'edifici sobre la que es vol descarregar el cos. Aquesta rampa té una inclinació de  $5^\circ$  des del punt en que acaba el gir, de manera que facilita la baixada del cos un cop aquest s'ha tombat.

La diferencia d'aquesta solució amb la del dispositiu "Herminio" és la inclinació que se li ha donat a la guia massissa un cop es supera el gir. En el dispositiu original és té una placa completament horitzontal just a continuació del gir. En canvi amb la solució triada per al nou disseny, es busca que sigui més senzilla la descàrrega del cos, un cop a pujat la guia, donant-li una petita inclinació a la peça horitzontal utilitzada en l'estructura original. D'aquesta manera el cos no solament es estirat pels operaris amb cordes, sinó que també avança degut al propi pes de la càrrega que transporta el cos.



**Fig. 1.38** Única opció estudiada com a solució del disseny detallat de l'extrem de descàrrega de la guia.



### 1.7.3 Lleves

#### 1.7.3.1 Disseny general

Degut a la solució triada en l'apartat anterior corresponent al nou disseny de la guia, les lleves **Tipus-III** que es tenen en el mecanisme original ja no són necessàries com a conseqüència de la supressió de l'escala central. Per tant únicament es treballa amb les lleves **Tipus-I** i **Tipus-II** les qual tenen disseny diferents segons si formen part de la guia o del cos.

#### 1.7.3.2 Disseny detallat: Lleves Tipus-I

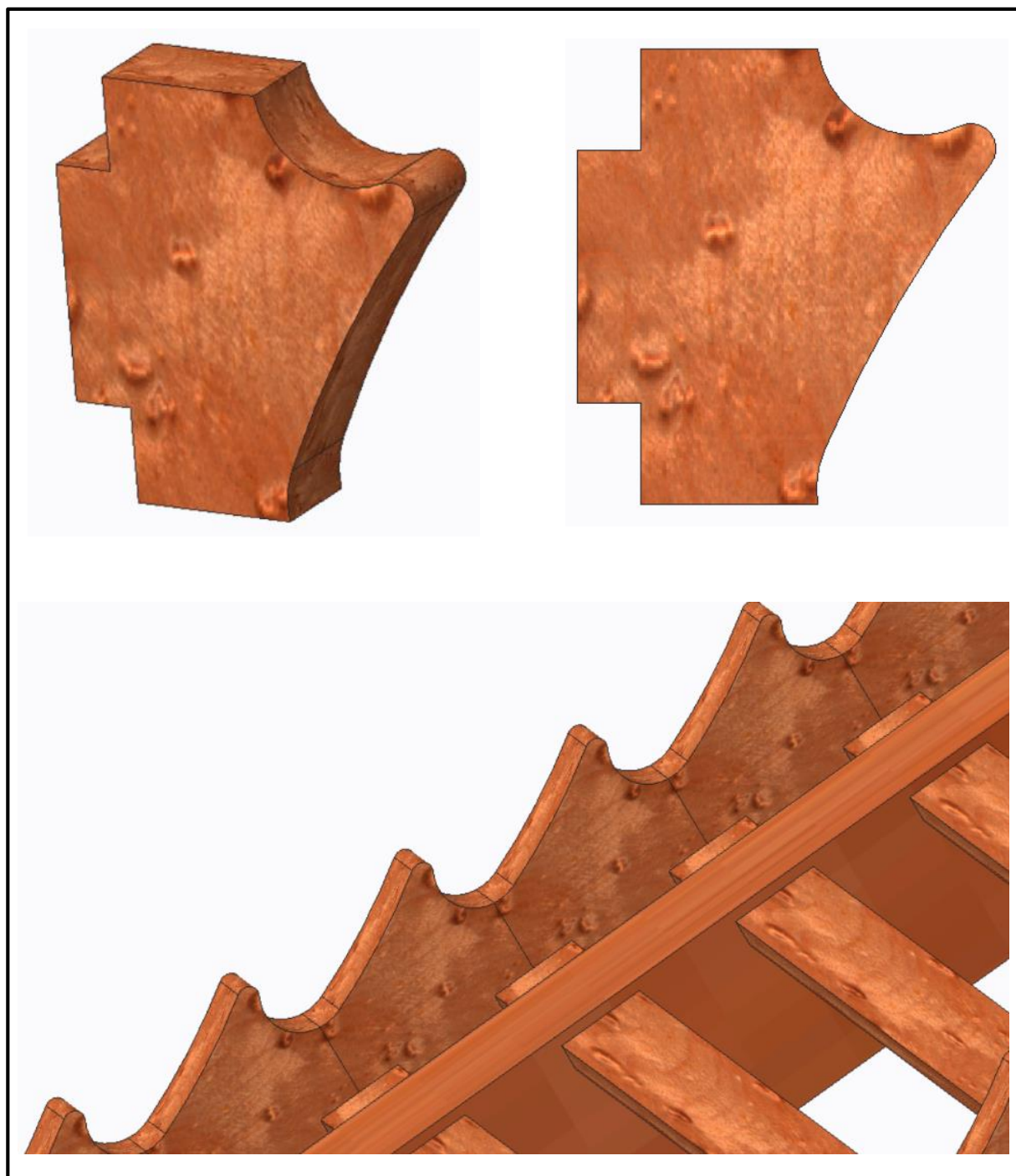
En el cas d'aquestes lleves únicament s'ha estudiat com a solució possible la utilització del disseny mostrat en el dispositiu "Herminio". Com és vol mantenir el mateix mecanisme que el original, és necessari tenir el mateix tipus de lleves **Tipus-I** que permetin el gir de la palanca, tot encaixant el seu extrem.

Aquest disseny consisteix en un rectangle d'un cert gruix, el qual té en un dels seus extrems llargs dos arcs units mitjançant una circumferència. Aquesta combinació d'elements circulars, forma un sortint que divideix la lleva en un arc inferior i un arc superior. Aquest tipus de lleves no treballen de forma individual, sinó que estan dissenyades per a que treballin en sèrie, de manera que l'arc superior d'una lleva coincideix amb el arc inferior de la següent. Amb aquest sistema s'utilitza l'arc superior de la lleva per enclavar l'extrem circular de la palanca i així poder realitzar el gir de la mateixa, mentre que l'arc inferior de la lleva s'utilitza per delimitar el màxim gir que pot realitzar la palanca. A més a l'altre extrem llarg de la lleva, es disposa d'un sortint rectangular, per tal de que aquesta es pugui encaixar entre dues barres transversals de al guia, i així quedi fixada (veure **Fig.1.39 i Plànol 21/23**).

L'única diferència entre el nou disseny realitzat i la lleva original, consisteix en un canvi de les dimensions dels arcs de la lleva. Amb les dimensions originals del dispositiu "Herminio", a l'inici del moviment de gir de la palanca, aquesta no es troba completament encaixada sinó que llisca durant uns quants graus de gir de la palanca, fins que es col·loca en la posició d'enclavament.

Amb el nou disseny de la lleva s'aconsegueix crear l'espai suficient per a que la palanca pugui començar el seu gir, tenint l'extrem circular completament fixat. D'aquesta manera s'evita que es produeixin lliscaments que desgastin tant la palanca com la lleva, així com també es té certesa de que la palanca no es sortirà del seu eix de gir mentre s'està utilitzant el mecanisme.





*Fig. 1.39 Única opció estudiada com a solució del disseny detallat de les lleves **Tipus-I** de la guia..*

### 1.7.3.3 Disseny detallat: Lleves Tipus-II

#### 1.7.3.3.1 Primera opció

La primera solució estudiada consisteix en utilitzar les mateixes lleves que es poden observar en el dispositiu “Herminio”.

Aquestes lleves parteixen d'una base rectangular que té les mateixes dimensions que les lleves **Tipus-I** vistes anteriorment, però en un dels extrems llargs del rectangle és tenen dues inclinacions, de  $20^\circ$  i  $70^\circ$ , que parteixen dels dos extrems del rectangle i coincideixen en el mateix punt formant un triangle. El pic format en el punt de coincidència de les dos inclinacions, és suavitzat mitjançant un arrodoniment. Si la lleva s'utilitza per enclavar-la a la guia, l'altre extrem llarg del rectangle base de la lleva, disposa d'un sortint rectangular igual que el que es té en les lleves **Tipus-I**, per tal de poder enclavar la lleva entre dues barres transversals de la guia. En cas de que la lleva formi part del cos, l'extrem llarg lliure està directament connectat al cos, per tant no disposa del sortint rectangular per l'enclavament (veure *Fig.1.40 i Plànol 22/23*).

L'objectiu d'aquest disseny és el d'aconseguir que les lleves del cos llisquin sobre les de la guia utilitzant la força que fan les palanques sobre el cos, quan aquestes giren sobre les lleves **Tipus-I** de la guia. D'aquesta manera el cos puja per la inclinació de  $20^\circ$  de les lleves **Tipus-II** fins que supera l'arrodoniment d'aquestes. Es en aquest punt que el cos baixa per la inclinació de  $70^\circ$ , deixant-lo enclavat entre les lleves per tal de repetir el procés i així anar pujant lleva a lleva.

#### Avantatges:

- El disseny permet enclavar el cos amb la guia treballant amb l'angle d'inclinació descrit en els requeriments. D'aquesta manera s'eviten possibles bolcament del cos o lliscaments que puguin fer caure el cos al utilitzar el dispositiu.
- La inclinació en les lleves de  $20^\circ$  permet realitzar una pujada del cos que coincideix amb un gir de la palanca ergonòmic per als usuaris del dispositiu.
- Les lleves tenen les dimensions suficients per poder aguantar les reaccions provocades al suportar i repartir la càrrega màxima descrita en els requeriments.
- És un disseny senzill que no necessita de gran material, ni tampoc d'un procés de fabricació complex i amb pocs mecanitzats, cosa que fa que el seu cost de producció sigui baix.

### Inconvenients:

- Les seves dimensions no permeten aconseguir angles de treball de la guia que redueixin l'espai que ocupa la mateixa.
- Degut a les dimensions reduïdes de la lleva, és necessari utilitzar un gran nombre de lleves com més gran sigui l'alçada que es vulgui superar.



*Fig. 1.40 Primera opció estudiada com a solució del disseny detallat de les lleves **Tipus-II** de la guia i del cos.*

#### 1.7.3.3.2 Segona opció

La segona opció estudiada consisteix en una variació de la lleva vista en la primera opció, però que té l'objectiu augmentar l'angle de treball de la guia sense que existeixi el perill del bolcament del cos quan s'estigui operant en el mecanisme.

Aquesta lleva parteix d'una base rectangular en que en un dels seus extrems llargs disposa de dos inclinacions en cada extrem del mateix. La inclinació en un dels extrems és de  $20^\circ$  mentre que en de l'altre és de  $160^\circ$ . Al tenir a l'extrem superior un angle superior a  $90^\circ$ , fa que la intersecció de les dos inclinacions quedi per sobre de l'alçada del rectangle base, fent així que aparegui un sortint en forma de dent de serra. Igual que en la lleva de la primera opció, la intersecció és matisada amb un arrodoniment per facilitar el lliscament entre les lleves. Al igual que s'ha vist abans, l'altre extrem lliure del rectangle disposa d'un sortint rectangular per enclavar la lleva a la guia, o bé directament està unit al cos del dispositiu (veure **Fig.1.41**).

#### **Avantatges:**

- Es possible treballar amb angles més grans en la guia, cosa que permet no disposar d'una base rectangular tant llarga i per tant, ocupar menys espai. La forma de la lleva fa que el cos tingui més difícil lliscar o soltar-se un cop s'ha enclavat. En la primera opció es necessita d'un angle de treball inferior ja que la lleva no permet un enclavament tant segur com en el d'aquesta segona opció per a angles de treballs grans.

#### **Inconvenients:**

- El sortint ha de suportar una gran força deguda al pes de la càrrega del cos, per tal de subjectar-los i que no bolquin. Això fa que és necessari de material molt especial o molt ben tractat per evitar el trencament de la lleva, i per tant el cost de la fabricació és superior.
- Les grans forces i tensions que ha de suportar la dent de la lleva fa que aquesta sigui més susceptible al trencament per fatiga, és a dir que ha diferència de la primera opció, es pot produir un trencament de la lleva als pocs cicles d'ús de la mateixa.
- Les dimensions de la lleva fan que el lliscament que s'ha de fer sobre aquesta en la inclinació de  $20^\circ$  sigui durant més temps fins fer arribar al cos al punt màxim on cau per l'altre canto inclinat fins quedar-se clavats. Això fa que els usuaris del dispositiu hagin de fer un gir molt més gran de la palanca per fer avançar el cos al llarg de les lleves, cosa que implica que els



usuaris han de fer més força durant més temps i arribar a una posició menys ergonòmica que en la primera opció.

- La forma de la lleva implica tenir que realitzar molt canvis en les dimensions de les palanques i el cos, cosa que suposa l'alteració del mecanisme i fa més difícil fer coincidir el gir de la palanca sobre al lleva de **Tipus-I**, amb el avanç del cos al llarg de les lleves **Tipus-II**, per tal d'evitar que la palanca hagi arribat al seu gir màxim sense que el cos hagi recorregut tota la lleva **Tipus-II**.



*Fig. 1.41 Segona opció estudiada com a solució del disseny detallat de les lleves **Tipus-II** de la guia i del cos.*

---

#### 1.7.3.3.3 Opció seleccionada com a solució

S'ha triat la primera opció, corresponent a les lleves **Tipus-II** utilitzades en el dispositiu original, pels motius següents:

- La probabilitat de fallada i trencament de les lleves en la segona opció és molt més alta que la que es té en la primera opció.
- Les lleves de la primera opció suposen tenir que treballar en un angle que fa que la guia tingui una inclinació inferior, i per tant la base rectangular i tota l'estructura acaben ocupant major espai que si es treballa amb les lleves de la segona opció, que permeten treballar amb major inclinació i per tant ocupar menys espai. Encara així es prefereix ocupar més espai amb la primera opció però tenir major seguretat de que el cos no caurà, que no pas treballar amb la segona opció amb una inclinació superior, però amb altes possibilitats de que es produeixi una fallada de les lleves.
- La primera opció permet una utilització de les palanques de manera més ergonòmica que no pas la segona opció que obliga a l'usuari a realitzar més força per aconseguir un major gir de la palanca, així com també tenir una posició de treball inadequada.



---

## 1.7.4 Cos

### 1.7.4.1 Disseny general

#### 1.7.4.1.1 Primera opció

Aquesta primera opció busca mantenir el disseny del dispositiu original del cos, de manera que únicament es busca ampliar les dimensions dels diferents elements del cos per a que sigui possible carregar més pes i de major volum, que el màxim pes que es podia carregar en dispositiu “Herminio”.

D'aquesta manera es té una estructura central amb forma de U que es divideix en una cara rectangular central amb els dos laterals del dispositiu doblegats als extrems. Sobre aquesta cara central es té una safata, la qual disposa de dos elements que ajuden a suportar el pes de manera que aquesta no es deformi pel pes que se li carrega, i també per repartir el pes de la safata sobre la resta del cos. En el gruix dels laterals es tenen les llevs **Tipus-I** seleccionades en l'apartat anterior.

En els propis laterals també es disposa de una orella a banda i banda del rectangle central, que disposen d'un forat per fer passar les palanques, així com d'una lleva a la part posterior de l'orella per augmentar el contacte del cos amb la palanca així com per orientar aquesta cap a la lleva **Tipus-I** de la guia en la que s'ha d'enclavar. En aquesta primera opció únicament s'utilitzen dos palanques on cadascuna és utilitzada per dos persones, per tal de complir amb el requeriment de que el número màxim d'operaris necessaris per fer pujar el cos, sigui de 4. Per aquest motiu, les orelles únicament disposen d'un forat.

A més de tot això, també es disposa d'una sèrie de subjeccions inferiors i superiors, així com uns mànecs que faciliten l'elevació del cos i el gir d'aquest mitjançant cordes, quan s'ha arribat al final de la guia.

#### **Avantatges:**

- És parteix d'un disseny ja existent cosa que facilita el dimensionament i la relació entre els elements que conformen el cos, per tal de que el mecanisme funcioni sense problemes.
- És manté el sistema original on només s'utilitzen dues palanques cosa que abarateix la producció i la fabricació, així com també hi ha un estalvi de material si es compara amb la segona opció estudiada.

### Inconvenients:

- La força necessària que han d'aplicar les dos persones per tal d'aixecar el pes màxim definit en els requeriments, fa que la palanca original estigui treballant amb molta tensió fins al punt que la probabilitat de trencament i deformació de la mateixa, és molt alta.
- És una opció que fa treballar de gran manera a la palanca i la lleva per tant la probabilitat del trencament de les mateixes degut a l'ús repetit del dispositiu és gran, això fa que sigui necessari un gran manteniment de les lleves i la palanca i la fabricació d'un recanvi de les mateixes cada cop que hi hagi perill de trencament. Això suposa un cost alt en producció del dispositiu.
- Dos persones treballant sobre la mateixa palanca fa que no sigui una situació ergonòmica de treball.



*Fig. 1.42 Primera opció estudiada com a solució del disseny general del cos.*

#### 1.7.4.1.2 Segona opció

La segona opció també busca mantenir l'estructura del cos utilitzat en el dispositiu "Herminio", tal i com s'ha descrit en la primera opció. L'única diferència és que en aquesta solució es busca adaptar el dispositiu per a que s'utilitzi mitjançant 4 palanques de manera que els 4 usuaris definits pels requeriments, utilitzaran cadascun una palanca de manera individual.

L'únic canvi en el cos descrit anteriorment que suposa la introducció de dos palanques addicionals és que les orelles s'han fet de la mateixa longitud que els laterals de manera que és possible fer dos forats iguals en la part superior, per tal que es pugui passar una palanca per cada forat, i així cada orella es empenya per 2 palanques.

A la vegada es disposa de una separació entre els forats que permet col·locar la lleva posterior de guiatge de la palanca inferior, i també és té un espai sense forat a la part posterior de l'orella, on es col·loca la lleva de guiatge de la palanca superior.

#### **Avantatges:**

- Les palanques es troben sol·licitades en els extrems de manera que no pateixen tant, i la probabilitat de trencament o dany és inferior que en la primera opció.
- Permet realitzar la força d'aixecament del cos d'una manera més equilibrada, repartint la mateixa força d'una forma equitativa entre els extrems del cos.
- La posició de treball dels usuaris és més ergonòmica ja que cada operari utilitza una única palanca.
- En cas de que algun usuari deixi d'aplicar força per algun motiu, hi ha tres usuaris més que poden compensar la força de l'usuari que falla. D'aquesta manera s'aconsegueix major seguretat en el procés d'aixecament del cos.
- Amb aquest mètode és possible aixecar la càrrega màxima requerida amb els usuaris realitzant únicament 300 N, força que no és excessiva per a un humà estàndard.

#### **Inconvenients:**

- El fet de tenir que fabricar dues palanques addicionals i utilitzar més material per a la producció d'aquestes, implica que el cost respecte la primera opció sigui superior.
- Aquesta opció implica que algunes dimensions del cos s'hagin d'augmentar comparades amb les de la primera opció, i això fa que en general es tingui més material en el cos d'aquesta segona opció. Això implica que a nivell de producció i de material es tingui un cost major.



*Fig. 1.43 Segona opció estudiada com a solució del disseny general del cos.*

---

#### 1.7.4.1.3 Opció seleccionada com a solució

S'ha triat la segona opció, corresponent a la utilització d'un sistema amb 4 palanques, pels motius següents:

- Tant les palanques com les lleves pateixen menys a l'hora de treballar amb el mecanisme ja que hi ha un millor repartiment de la força. Amb la primera opció les 2 palanques és veuen sotmeses a tanta força que s'acabarien partint si no es fabriquen amb materials especials, cosa que suposa un augment del preu i no complir amb el requeriment de que totes les peces han de ser de fusta.
- Amb la segona opció es té un nivell de seguretat superior que en la primera opció ja que si s'està aixecant el cos i una palanca o usuari del dispositiu falla, les tres palanques restants poden compensar la força de l'element que ha fallat i almenys evitar la caiguda del cos. En canvi amb la primera opció, si una de les dos palanques falla mentre s'està elevant el cos, aquest s'inclinarà cap al costat que no se li està aplicant força i és sortirà de la trajectòria marcada per les lleves **Tipus-II**, fent que el cos caigui per un dels cantons de la guia.
- Tot i que la segona opció implica un cost superior de fabricació i materials del cos i les palanques, en aquest cas és inevitable, per motius de seguretat, tenir més cost de producció. Treballar amb la primera opció és més barat, però és una solució molt arriscada i amb altes probabilitats de fallar.

### **1.7.4.2 Disseny detallat: Contacte entre orelles i palanques**

#### **1.7.4.2.1 Primera opció**

El contacte entre la part superior de cadascun dels forats de les orelles amb cadascuna de les palanques, és el que permet elevar el cos al llarg de les lleves. En aquest contacte és té una reacció entre cos i palanca que ha de ser vençuda pels usuaris de la palanca aplicant força sobre aquesta. Per aquest motiu el disseny d'aquest contacte ha de facilitar i optimitzar la força dels usuaris per tal de que sigui suficient sense superar la màxima definida en els requeriments.

En aquesta primera opció s'ha considerat mantenir el contacte tal i com es té en el dispositiu original de manera que la part corbada de la palanca llisca, a la vegada que gira enclavada en les lleves **Tipus-I**, sobre la part superior d'un forat de una de les orella. Aquesta superfície és completament plana de manera que el contacte que és té el formen una superfície circular lliscant i empenyent una superfície plana (veure **Fig.1.44**).

#### **Avantatges:**

- Simplifica el disseny de les orelles de manera que dona una continuïtat en el gir de la palanca que inicialment comença fent força sobre la lleva posterior de la orella i a mesura que va girant, arriba a la superfície plana del forat fent que sigui un canvi suau i continu, sense provocar cops al saltar d'un element a l'altre.

#### **Inconvenients:**

- Tot i funcionar a nivell pràctic no acaba d'aprofitar tota la força que s'aplica en la palanca.
- En els angles de gir de la palanca més grans, és necessari aplicar més força per part dels usuaris per poder fer l'últim tram d'aixecament del cos a través de les lleves.
- Tot i assegurar una bona continuïtat entre la lleva posterior i l'orella, si que hi ha punts en el contacte en la part superior de l'orella en que petites variacions en la posició de la palanca, fan perdre el contacte amb l'orella.
- El disseny de l'orella per tal de poder tenir dos forats, fa que durant uns petits angles de gir inicials de la palanca, no es tingui contacte amb l'orella i això fa desaprovechar un espai de temps en que ja es podria haver aixecat lleugerament el cos. És a dir, no permet iniciar el gir a la vegada que aixeca el cos, sinó que a l'inici la palanca gira sense està en contacte amb l'orella.



- El disseny de la part superior del forat de cada orella, fa que la introducció de la palanca a través mateix i enclavar-la en les lleves **Tipus-I**, s'hagi de fer amb un cert angle específic d'inclinació, fent adoptar als usuaris una posició no ergonòmica per tal d'iniciar el gir.



*Fig. 1.44 Primera opció estudiada com a solució del disseny detallat del contacte entre les orelles del cos i les palanques.*

---

#### *1.7.4.2.2 Segona opció*

La segona opció consisteix en donar una forma circular a la part superior de cada forat de l'orella. D'aquesta manera és té un contacte entre superfícies circulars que facilita el lliscament de la palanca sobre l'orella. L'arc que descriu la part superior del forat és el mateix que el descrit per la lleva posterior de manera que la palanca al girar no fa un salt entre elements, sinó que passa per l'arc format per la lleva i la part superior del forat de l'orella creant així una trajectòria continua, sense salts (veure **Fig.1.45**).

#### **Avantatges:**

- Tot i que en la primera opció ja es disposava d'una bona continuïtat entre orella i lleva posterior, amb aquesta opció és descriu una única trajectòria cosa que facilita molt el contacte continuat entre palanca i cos.
- Permet aixecar el cos des de l'inici de gir de la palanca, cosa que permet aprofitar els petits angles de gir inicials que no s'aprofiten en la segona opció.
- Aquesta opció permet introduir la palanca a través del forat de les orelles i enclavar-la amb les lleves **Tipus-I** amb molt poc angle d'inclinació ( $7^\circ$ ). Aquesta posició per als usuaris de les palanques és més ergonòmica que no pas en la primera opció.

#### **Inconvenients:**

- El cost de producció del cos augmenten ja que s'ha de fer un mecanitzat precís per aconseguir un arc que asseguri la continuïtat entre l'orella i la lleva posterior.



*Fig. 1.45 Segona opció estudiada com a solució del disseny detallat del contacte entre les orelles del cos i les palanques.*

---

#### 1.7.4.2.3 Opció seleccionada com a solució

S'ha triat com a solució la segona opció, corresponent a la utilització d'una superfície corbada en la part superior dels forats de les orelles, pels motius següents:

- Assegurar una total continuïtat entre el canvi de contacte sobre el que gira la palanca, és a dir entre la lleva posterior sobre la que s'inicia el gir i l'orella per a angles de gir superiors. Amb la primera opció poden aparèixer algunes discontinuïtats.
- Degut al disseny que s'ha d'adoptar en la primera opció per a fer que la superfície de la part superior del forat de les orelles, mantingui una continuïtat amb la lleva posterior, la palanca s'ha d'introduir a través del forat fins enclavar-la en les lleves **Tipus-I** amb un cert angle considerable respecte l'horitzontal. Això fa que els primers angles de gir de la palanca, els usuaris hagin de treballar en una posició menys ergonòmica, cosa que fa que no puguin aplicar la força sobre la palanca d'una manera correcta. Amb la segona opció seleccionada com a solució, la palanca pot entrar amb un angle respecte l'horitzontal molt petit, fent que els usuaris estiguin en una millor posició de treball i puguin aplicar la força degudament.
- La opció seleccionada implica un cost de producció superior que en la primera opció, tot i això es decideix assumir aquest cost ja que millora el disseny original en molts aspectes i l'optimitza. A més tampoc es tracta d'un cost excessiu, per tant és creu que la segona és la millor solució com a contacte entre orella i palanca.

### 1.7.4.3 Disseny detallat: Safata

#### 1.7.4.3.1 Primera opció

La safata és l'element que permet la càrrega del material que es vulgui elevar mitjançant el mecanisme. Aquest element ha de poder carregar el màxim pes especificat en els requeriments sense patir una excessiva deformació o desplaçament, que puguin fer caure la càrrega o trencar la safata.

En aquesta primera opció s'ha mantingut com a base el disseny de la safata del dispositiu "Herminio", de manera que es té una peça rectangular enganxada a la cara central del cos. Aquesta peça està recolzada per la part inferior mitjançant una altra peça rectangular de la mateixa longitud però d'amplada diferent que també es troba enganxada al cos. A més disposa de suports, enganxats al cos i col·locats amb una certa inclinació, que s'encarreguen de subjectar la peça en els dos extrems de la part més allunyada del cos. D'aquesta manera es busca suportar el pes de la càrrega de manera segura i repartir-lo al llarg del cos, per evitar que únicament treballi la safata (veure **Fig.1.46**).

#### **Avantatges:**

- És una opció que permet carregar i descarregar els elements a la safata d'una manera ràpida, a diferència de la segona opció.
- Fa un bon repartiment del pes de la càrrega sobre tot el cos, de manera que la safata no pateix tant els efectes de suportar un gran pes.
- Permet elevar elements com poden ser bigues o pilars que són més llargs que la propia safata, cosa que amb la segona opció no es pot aconseguir.

#### **Inconvenients:**

- Amb aquesta opció és difícil mantenir tota la càrrega en equilibri mentre s'està pujant el cos a través de les llesques. Al no disposar de cap element lateral que subjecti la càrrega, ja que únicament es recolza amb el cos i la peça rectangular que fa de safata, és fàcil que segons quins elements amb poca estabilitat caiguin pels laterals del cos, cosa que suposa un gran perill i fa que el nivell de seguretat del cos sigui baix.
- Amb aquest sistema, no es poden pujar tots els elements desitjats, ja que per exemple els elements esfèrics o cilíndrics poden lliscar sobre la safata i caure.
- Evitar la caiguda dels elements que es carreguen amb aquesta opció, suposa tenir que dissenyar un sistema de subjecció ja sigui amb cordes o cinturons, cosa que fa que el cost de



la producció del cos augmenti, a part de que es deixa de complir amb el requeriment de utilitzar únicament un material que sigui fusta.

- Es necessita grans dimensions de gruix dels elements que formen aquesta opció de safata, per tal de poder suportar la càrrega màxima especificada en els requeriments. Això fa que hi hagi un cost superior en materials per a la producció de la safata.
- Alhora de fer el gir del cos quan s'arriba a la part superior de la guia per tal de fer la descàrrega, el material transportat pot caure fàcilment de la safata ja que no està subjectat de cap manera. Per tant, aquesta opció només limita el material que es pot elevar a elements que gran part de la seva superfície quedi recolzada entre la part central del cos i la peça rectangular que fa de safata, o bé material que sigui fàcil apilar un sobre l'altre sense perill d'ensorrament. Sinó, alhora de realitzar el gir, és fàcil que el material bolqui o caigui pels laterals de la guia.
- El material que pot elevar es veu limitat a tot el que pugui estar en equilibri sobre una altra peça, això fa que no s'aprofiti adequadament l'espai i per tant s'hagin de fer diversos viatges del cos fins aixecar tot allò que sigui necessari. Això comporta una clara pèrdua de temps i eficiència.



*Fig. 1.46 Primera opció estudiada com a solució del disseny detallat de la safata del cos.*



#### 1.7.4.3.2 Segona opció

Aquesta opció consisteix en crear una safata més voluminosa en forma de caixa que permeti carregar el material que es vulgui elevar al interior d'aquesta.

Per tant es té una base formada per una peça rectangular enganxada al cos i amb una altra peça rectangular i dos suport inclinats enganxats al cos que fan de suports d'aquesta base. Es pot observar que la base d'aquesta caixa és la safata dissenyada en la primera opció. Sobre aquesta base s'aixequen tres parets rectangulars sobre els tres extrems lliures del rectangle que fa de base, utilitzant l'extrem enganxat al cos com a quarta paret d'aquesta caixa.

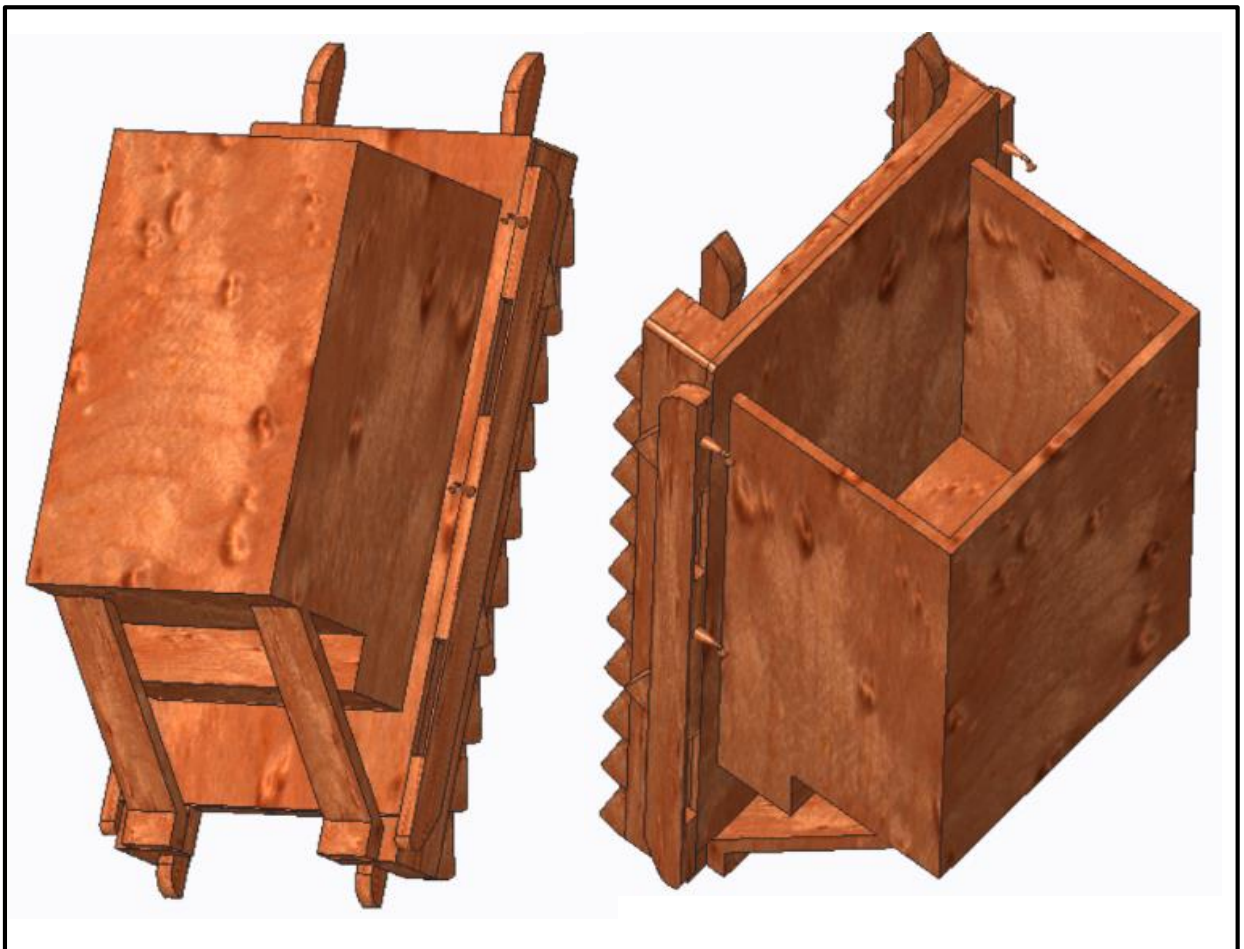
D'aquesta forma s'aconsegueix una carcassa amb forma de prisma rectangular que es pot emplenar del material que es vulgui elevar. La tapa superior d'aquest prisma s'ha deixat oberta, però com a variant d'aquest disseny, és possible col·locar una tapa de fusta rectangular i assegurar-la mitjançant cargols o altres elements, per tal d'evitar que algun element pugui caure o per protegir la càrrega mentre s'està elevant (veure *Fig.1.47 i Plànol 16/23*).

#### **Avantatges:**

- La càrrega que es vol elevar queda protegida durant l'elevació i s'evita que pugi caure pels laterals ja que es tenen unes parets que retenen la càrrega en totes les direccions.
- En el moment de fer girar el cos una vegada arriba a l'extrem superior de la guia, es té bloquejada la caiguda de material pels laterals de la guia. Únicament pot caure material per la part superior, que està descoberta, si el cos es té excessivament carregat. En aquest cas, amb l'ús d'una tapa col·locada a la part superior és suficient per evitar la caiguda dels elements.
- Es possible carregar qualsevol element independentment de la seva forma, sempre i quan les seves dimensions el permetin entrar dintre de la caixa.
- El nivell de seguretat és superior que en la primera opció, ja que la safata està formada per una estructura més sòlida i consistent, que pot suportar el pes màxim definit en els requeriments sense problemes i repartint el pes sobre tot el cos, per tal d'evitar trencaments o deformacions en la safata.
- Permet carregar el material d'una manera eficient, aprofitant tot l'espai de la caixa, a diferència de la primera opció. Això comporta un guany de temps, i tenir que realitzar menys viatges del cos, per tal de transportar tot allò que sigui necessari.

### Inconvenients:

- No és possible elevar elements de gran longitud o molt voluminosos ja que no poden entrar en la caixa d'una manera segura. En cas de voler elevar aquests tipus d'elements, s'ha de dissenyar un sistema per a que es puguin col·locar de manera vertical dintre de la caixa i evitar que caiguin en el moment de fer el gir. La solució a aquest problema consistiria en fabricar una tapa que subjecti els elements de gran longitud que surten per la part superior de la caixa, per així evitar que s'escapin quan el cos giri i es col·loqui en posició horitzontal.
- Hi ha un cost més gran en materials i producció de la safata d'aquesta opció, que no pas en la primera opció, ja que és tenen més elements que conformen la safata i s'han de realitzar diferents processos d'assemblatge en la fabricació, per crear una safata segura i compacta.



*Fig. 1.47 Segona opció estudiada com a solució del disseny detallat de la safata del cos.*

---

#### *1.7.4.3.3 Opció seleccionada com a solució*

S'ha triat la segona opció, corresponent a la safata amb forma de prisma rectangular, pels motius següents:

- Dona major seguretat en el transport de la càrrega al llarg de la guia, tant en els trams de pujada del cos, com en els trams de gir del mateix. La primera opció es necessita tenir carregats els materials d'una manera molt específica per a que no caiguin alhora de pujar i girar el cos, en cas contrari, la probabilitat de que la càrrega caigui és molt alta.
- Tot i que l'opció triada no permet elevar peces de gran longitud sense necessitar d'un sistema de subjecció especial, es prefereix aquesta opció abans que la primera ja que si que permet elevar més material de manera més segura. La primera opció tampoc assegura que les peces llargues es puguin transportar de manera segura, ja que es col·loquen de forma horitzontal sobre la safata fent sortir una longitud semblant a banda i banda de la safata, i mantenint l'element a transportar en equilibri. Davant d'aquesta situació, s'ha optat per la segona opció per motius clars de seguretat.
- La segona opció implica un major cost tant en la quantitat de material que es necessita, com en el procés de fabricació, tot i això es prefereix triar aquesta opció per motius de seguretat, ja que la primera opció és lleugerament més barata però la seguretat és molt més baixa que la segona opció.

## 1.7.5 Palanca

### 1.7.5.1 Disseny general

#### 1.7.5.1.1 Primera opció

En aquesta primera opció estudiada, s'ha mantingut el disseny del dispositiu original. D'aquesta manera es té una palanca de secció rectangular que comença en un extrem pla i avança al llarg de 1,20 m fins al centre de la circumferència que conforma l'altre extrem de la palanca. Al llarg de la longitud de la palanca la part superior d'aquesta agafa un pendent inclinat fins arribar a un punt en que descriu un arc en sentit antihorari i a mitat d'aquest realitza un altre arc en sentit horari el qual és tangent a la circumferència descrita en l'extrem. Per la part inferior de la palanca és té un tram totalment horitzontal que finalitza amb un petit arc tangent a la circumferència de l'extrem (veure **Fig.1.48**).

El disseny de la palanca, obliga a l'usuari a tenir que introduir-la amb una certa inclinació pronunciada de manera que una vegada que passa pel forat corresponent de les orelles del cos, fa contacte amb un dels arcs de gir que formen les lleves **Tipus-I**. En el moment que es fa contacte i es comença a girar la palanca per elevar el cos, l'extrem circular ha de lliscar sobre les lleves durant uns certs angles de gir, fins que es col·loca en la posició en que el centre de la circumferència de l'extrem i el centre descrit per l'arc de gir de les lleves coincideixen, enclavant així la palanca i fent que giri la resta d'angles des del mateix eix.

#### **Avantatges:**

- És un disseny més simple i senzill de fabricar que el de la segona opció que es pot veure més endavant, per tant, el cost de producció és inferior.
- Permet transmetre la força necessària al cos per tal d'aixecar-lo, sense patir trencament o danys.

#### **Inconvenients:**

- Es pateix un gran desgast tant de les lleves com de l'extrem circular de la palanca, ja que aquesta ha de lliscar cada vegada que s'utilitzi causant un fregament que la fan mal bé. El número de cicles que aguanta a fatiga per tant, són inferiors que las segona opció que es pot veure en el següent apartat, i per tant, la probabilitat de que es trenqui en menor temps també.

- El seu disseny obliga a que els usuaris de la palanca l'hagin d'introduir inicialment amb un cert angle poc ergonòmic.
- L'arc de la palanca que es té en contacte amb la part superior de l'orella del cos és massa pla, és a dir, té un diàmetre massa gran que fa que a vegades es perdi la continuïtat alhora de treballar, provocant petits salts. A més, el diàmetre d'aquest arc fa que els usuaris hagin d'aplicar més força en els angles finals de gir de la palanca, fent que sigui menys ergonòmic per aquests, que simplement aplicar una força mes o menys constant.



*Fig. 1.48 Primera opció estudiada com a solució del disseny general de la palanca.*

#### 1.7.5.1.2 Segona opció

La segona opció manté el disseny general que és té en el dispositiu original, però es realitzen alguns canvis per tal d'optimitzar la força que apliquen els usuaris, així com per solucionar els inconvenients que presenta la primera opció.

Així doncs, es tenen dos extrems, un recte i l'altre circular igual que en la primera opció, però es canvien els arcs que es tenen en la palanca. D'aquesta manera s'ha decidit donar un menor diàmetre a l'arc que descriu la superfície que està en contacte amb el cos, de manera que es té una palanca més arquejada.

Pel que fa a l'arc de la part inferior de la palanca, se li ha donat també un angle menor de manera que al fer la tangència amb la circumferència de l'extrem que gira, deixa més espai per tal de poder enclavar la palanca des del principi del gir, entre les lleves **Tipus-I** (veure **Fig.1.49 i Plànol 23/23**).

#### Avantatges:

- Permet tenir millor continuïtat de la palanca alhora de girar i canviar de la lleva posterior a l'orella. Al tenir un contacte de dos superfícies circulars, s'aconsegueix un gir sense salts i fluid.
- Permet realitzar el gir de la palanca tenint l'extrem circular enclavat des de l'inici, d'aquesta manera s'elimina el lliscament inicial que desgasta tant la palanca com la lleva.
- El disseny de la palanca, permet poder introduir-la a través del forat de l'orella corresponent, fins enclavar-se en la lleva, amb un angle molt lleuger cosa que facilita molt la posició de treball del usuari. Es troben en una posició més ergonòmica i poden aplicar la força de manera constant.
- Es pot elevar el pes màxim definit en els requeriments aplicant una força constant de 300 N a l'extrem pla de la palanca.
- En el disseny del dispositiu original, en els girs inicials en que l'extrem circular de la palanca llisca sobre les lleves sense estar enclavat, també es tenia que l'arc de la part inferior de la palanca que és tangent a l'extrem circular, recolzava al llarg d'aquests angles inicials sobre el sortint de una de les lleves **Tipus-I**, això causava un fregament que augmentava la força ha realitzar pels usuaris i també provocava un desgast en les peces involucrades en el contacte. Amb el nou disseny s'evita aquest fregament ja que l'arc inferior queda pel damunt del sortint evitant així el seu contacte al llarg de tot el gir de la palanca.



### Inconvenients:

- La palanca d'aquesta opció consta de arcs amb trajectòries molt específiques i un diàmetres petits. Això fa que sigui necessari ser precís en la fabricació i mecanització de les palanques quan aquestes són elaborades. Això implica un augment del cost de producció.



*Fig. 1.49 Segona opció estudiada com a solució del disseny general de la palanca.*

---

#### 1.7.5.1.3 Opció seleccionada com a solució

S'ha triat la segona opció, corresponent a la palanca amb reducció de diàmetre dels arcs, pels motius següents:

- L'opció seleccionada, permet un contacte més continu i suau al llarg de tot el gir de la palanca, mentre que la primera opció presenta algunes discontinuïtats i salts.
- La reducció en els diàmetres de la segona opció millora en molts aspectes la primera opció, en especial la reducció del diàmetre de l'arc de la part inferior de la palanca. Aquest arc en la primera opció fa contacte directe sobre la lleva **Tipus-I**, mentre l'extrem circular llisca fins a enclavar-se durant els primers angles de gir, resultant en un desgast de la palanca i la lleva que es busca evitar.
- La posició de treball dels usuaris és més ergonòmica en la segona opció seleccionada com a solució, ja que la palanca s'introdueix amb un angle més petit, cosa que facilita l'aplicació de força dels operaris. En canvi, amb la primera opció la introducció de la palanca es fa amb un angle més gran, fent que els usuaris es trobin en una posició menys ergonòmica dificultant l'aplicació de força.
- El cost de la fabricació de l'opció seleccionada és superior que en la primera opció, degut al nivell de detall del disseny. Tot i això es prefereix un cost lleugerament superior, a canvi dels avantatges de la segona opció sobre la primera, en especial a nivell de seguretat.

---

## 1.7.6 Material

### *1.7.6.1 Tipus de material*

Tal i com s'ha definit en els requeriments, el material que es vol utilitzar per a tots els elements del nou disseny és la fusta. Amb aquest material està fet el dispositiu "Herminio", per tant com es vol mantenir la mateixa base, i utilitzar un material diferent pot afectar en gran manera el funcionament del mecanisme, s'ha decidit que la fusta és la millor opció per al nou disseny.

La fusta ofereix bones propietats mecàniques i a més la seva producció, fabricació i tractament no és excessivament difícil ni cara, comparada amb altres materials que es podrien utilitzar en aquest mecanisme. D'aquesta manera es busca complir amb els requeriments d'aconseguir un disseny de cost econòmic baix, per a poder ser produït o si més no comprat, en països subdesenvolupats i amb pocs recursos.

A més és un material fàcil de trobar en molts països, cosa que fa que no sigui necessari realitzar exportacions del material i transport del mateix, que farien augmentar el cost econòmic. Al tractar-se d'un material tant utilitzat des de fa tants anys, existeixen especialistes en totes les regions del planeta, que saben com tractar aquest material lo qual pot facilitar la fabricació del dispositiu, cosa que amb materials més actuals o complexes s'hauria d'instal·lar una nova indústria allí on es vulgui fabricar el dispositiu, i per tant, el cost augmenta. En els països subdesenvolupats, degut a la manca de recursos, utilitzen materials bàsics, entre d'ells la fusta, per tal de construir estructures bàsiques o eines, per tant ja es disposa de població amb un cert coneixement de com tractar aquest material.

Òbviament existeixen diversos tipus de fusta segons la regió, per aquest motiu en aquest apartat es volen estudiar diverses variants de les fustes més típiques del planeta, que siguin fàcils de trobar en qualsevol indret o si més no produir-les d'una manera fàcil, per a que siguin el material amb el qual es produirà aquest disseny realitzat del dispositiu elevador de càrregues.

A part del cost econòmic, també es contemplaran les diferents característiques, avantatges i inconvenients de les diferents fustes, per tal de seleccionar la més adequada per resistir les càrregues a les que es veuen sotmeses l'estructura i el cos. D'aquesta manera s'arribarà a una solució que sigui un terme mig entre preu i qualitat del material del mecanisme dissenyat.

### 1.7.6.2 La fusta com a material ortotròpic

La fusta al tractar-se d'un material ortotròpic, algunes de les seves propietats com són el mòdul de Young, el mòdul de cisallament, el coeficient de Poisson i altres característiques relacionades amb les propietats tèrmiques del material, varien segons la direcció en que es troben. Aquestes direccions formen els tres eixos determinats a partir de la direcció del gra (fibra):

- Eix longitudinal: Direcció paral·lela a la direcció del gra.
- Eix radial: Direcció dels anells de creixement de la fusta (perpendicular a les fibres).
- Eix tangencial: Direcció tangent als anells de creixement.

Independentment del tipus de fusta que es tingui, les seves característiques són similars en tots els casos ja que la gran majoria tenen aquestes tres direccions. Per tant, com a norma general la fusta té un comportament semblant pel que fa a la tracció, la compressió, la flexió, l'efecte de vinclament i al cisallament.

Òbviament és molt difícil aconseguir que totes les zones tinguin la direcció de la fibra de la fusta de manera que ofereixin major resistència a totes les forces que apareixen, però sí que és important estudiar els punts on es tenen els majors esforços de cadascun dels tipus i intentar fabricar les peces de manera que la fibra ofereixi la major resistència a l'esforç que té més influència sobre la peça. Per tant aquestes zones del disseny que es nombraran en els apartats següents, sí que és convenient especificar al fabricant que la direcció de les fibres sigui en una direcció concreta segons el cas.

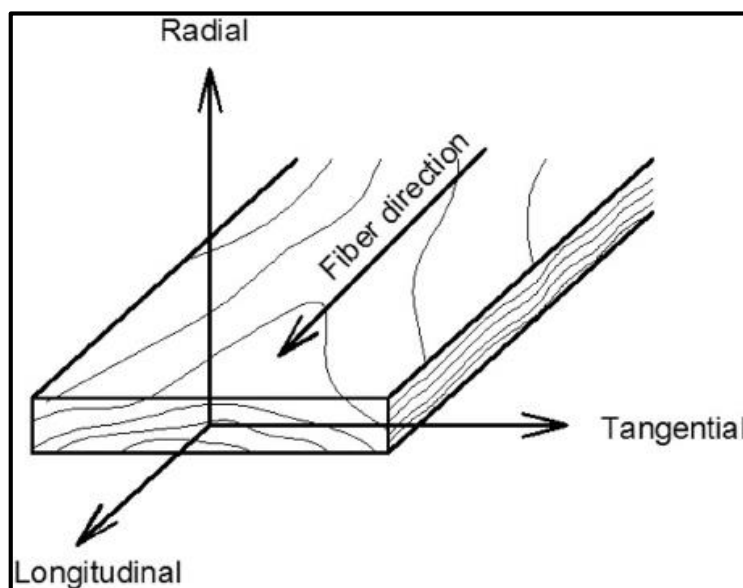


Fig. 1.50 Direcció dels eixos ortotròpics de la fusta.

#### 1.7.6.2.1 Comportament de la fusta: Tracció

La major resistència que ofereix la fusta a una força de tracció, és en la direcció paral·lela al gra, mentre que la menor és en la direcció perpendicular a les fibres. Per tant en el dispositiu que es vol dissenyar s'ha de tenir cura que en les zones on es tenen forces de tracció que són especialment les regions de les subjeccions superiors i inferiors, la fibra de la fusta segueixi la mateixa direcció que la força de tracció aplicada.

En les subjeccions és lliguen cordes per tal d'estirar el cos per girar-lo i arrastrar-lo quan ha arribat a l'extrem superior de la guia, per tant, com les subjeccions es troben enganxades al cos i els operaris estiren amb les cordes de forma paral·lela a la direcció de les subjeccions, s'acaben aplicant forces de tracció en aquests punts.

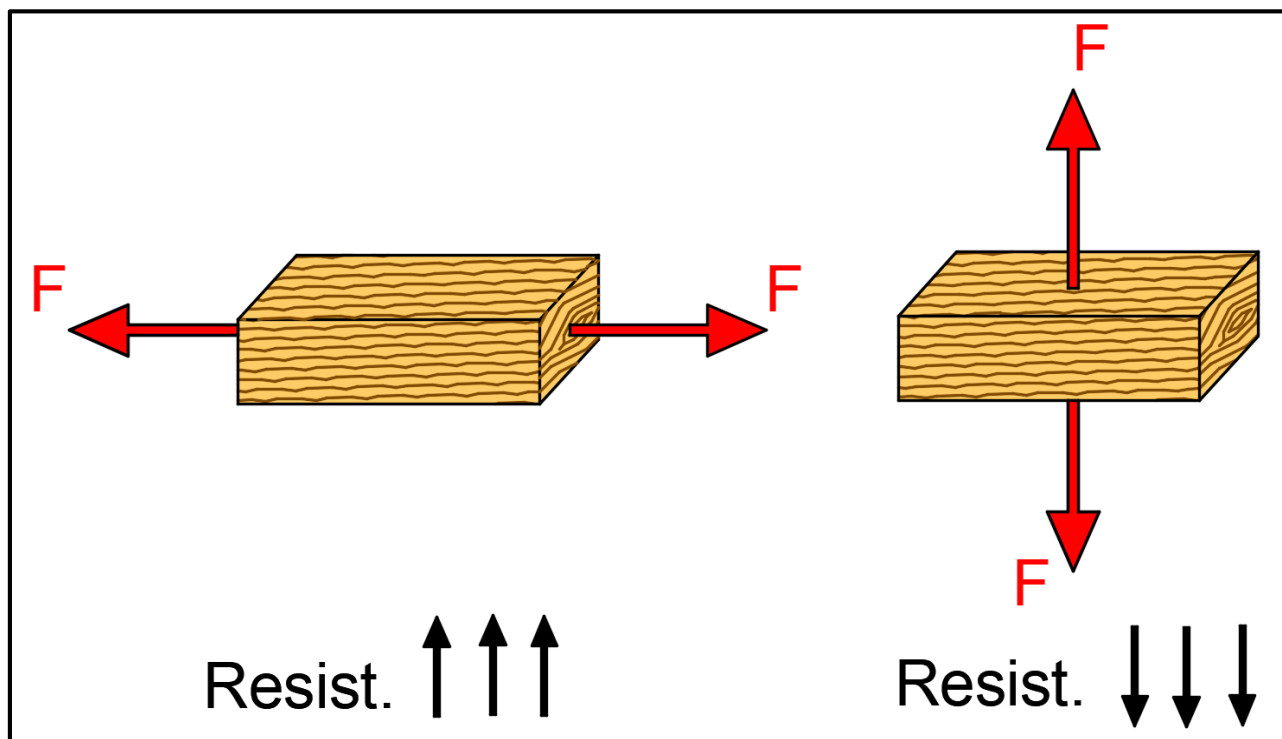


Fig. 1.51 Comportament de la fusta a un esforç de tracció segons si està aplicat en la direcció de les fibres o perpendicular a aquestes.

#### 1.7.6.2.2 Comportament de la fusta: Compressió

En la fusta la resistència a la compressió augmenta al disminuir el grau d'humitat en aquesta, per tant és important que la fusta utilitzada estigui correctament seca, i que contingui la menor quantitat possible d'humitat. El contrari passa amb el pes específic de la fusta, quant major és aquest, més gran és la resistència a la compressió. Per tant es busca una fusta amb un pes específic alt per tal de resistir a les forces de compressió de la millor manera possible.

Al igual que passa amb el comportament a tracció, la fusta té major resistència als esforços de compressió en la direcció de les fibres, mentre que la resistència és inferior quan la càrrega està aplicada a través de les fibres, sent la direcció perpendicular a aquestes, la més crítica. Per tant, alhora de fabricar el dispositiu es buscarà que les zones afectades per forces de compressió, la fibra de la fusta es trobi en la mateixa direcció que l'esforç aplicat.

Les zones més afectades per aquests esforços són les lleves sobre les que llisca el cos, ja que per un extrem es veuen fixades a la guia, mentre que el pes del cos i la càrrega les comprimeixen. La cara central del cos també es veu sotmès a un esforç de compressió important degut a la càrrega que es vol aixecar. Una part del pes de la càrrega recolza completament sobre la cara central del cos i aquest al estar recolzat sobre la guia, es queda completament comprès. La palanca també pateix un efecte de compressió per part de l'usuari quan la col·loca en les lleves per tal d'enclavar-la i començar el gir. En totes aquestes situacions s'haurà de fabricar les peces de manera que la fibra sempre quedi en direcció de la força de compressió.

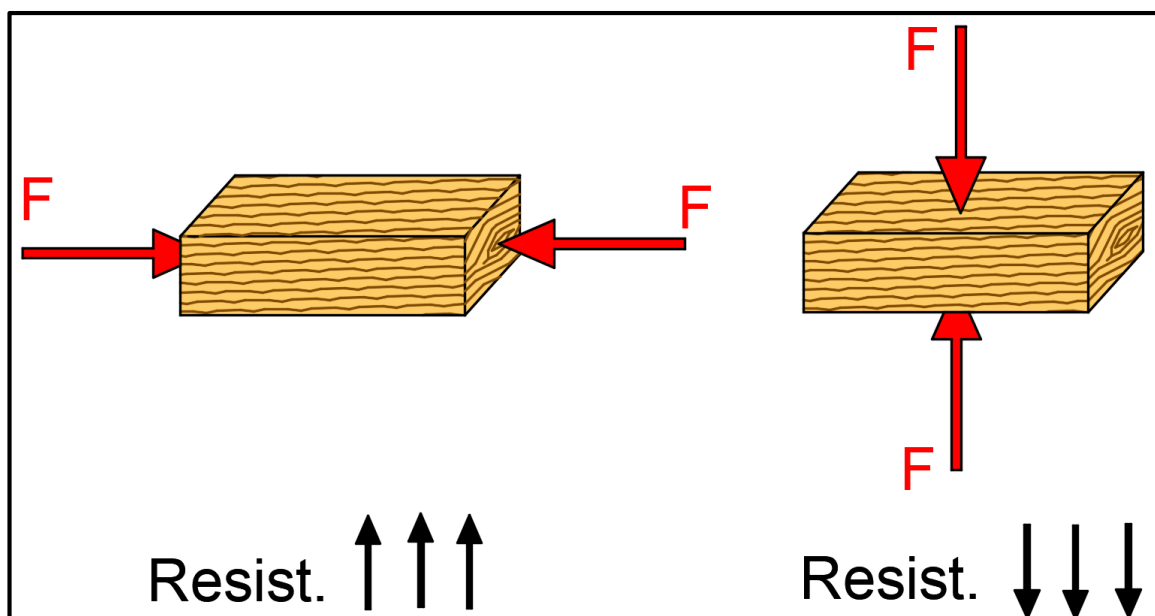


Fig. 1.52 Comportament de la fusta a un esforç de compressió segons si està aplicat en la direcció de les fibres o perpendicular a aquestes.



### 1.7.6.2.3 Comportament de la fusta: Flexió

En la fusta, un esforç aplicat en la direcció perpendicular de les fibres, produeix un escurçament de les fibres més properes al punt d'aplicació de la força, a la vegada que causa un allargament de les fibres allunyades. Si les fibres que s'allarguen i les que s'escurcen, no disposen de la flexibilitat suficient per tal de deformar-se, poden causar trencament o fractura.

Aquest fenomen es troba en la guia de l'estructura per la que puja el cos. El cos amb la càrrega que es vol elevar, aplica una força sobre la guia que la fa flexionar a llarg dels diferents punts de la mateixa, sent la meitat de la guia el punt més crític en que es troba el cos i causant la major flexió. Per aquest motiu, s'ha de triar una fusta que pugui suportar els esforços de flexió que es tenen, i per tant que presenti poca flexió i desplaçament de manera que la guia no s'enfonsi amb el pes del cos. Cal recordar que amb l'opció triada de guia, es disposa d'una sèrie de pilars segons l'alçada que es vulgui superar, que ajuden a reduir la flexió de la guia, en especial en la zona central, que com s'ha comentat, és la més crítica.

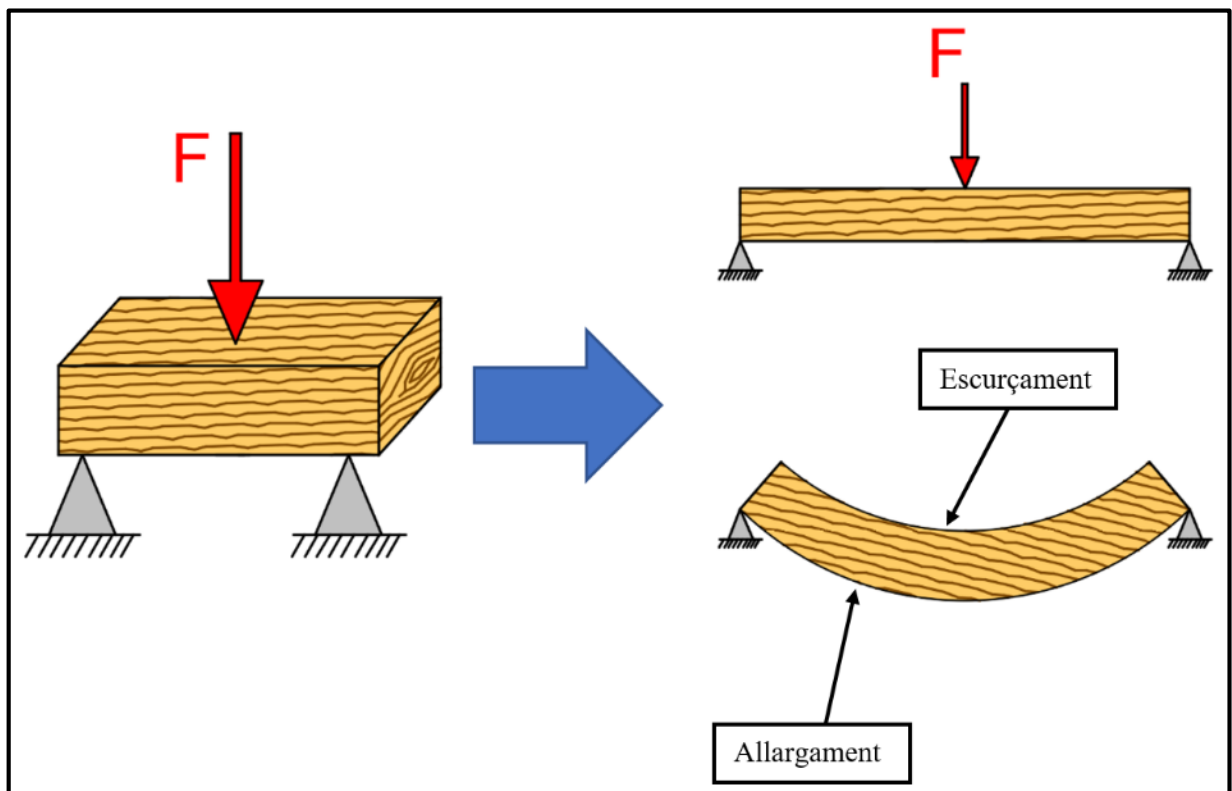


Fig. 1.53 Comportament de la fusta a un esforç de flexió.

*\*Es poden observar els desplaçament i girs dels pilars i de diferents punts de l'estructura, degut a la força del pes del cos sobre la guia, en l'Annex III.*

#### 1.7.6.2.4 Comportament de la fusta: Efecte de vinclament

L'efecte de vinclament consisteix en una deformació d'una peça degut a l'aplicació de forces de compressió en dos extrems oposats de la mateixa. Al aplicar aquestes dos forces, la peça es deforma en una direcció perpendicular a la mateixa descrivint una forma corbada en cas de que pugui flexionar, o bé acabant en una fractura quan s'arriba al límit de trencament de la peça.

En el cas de la fusta, aquest efecte apareix quan es supera la resistència de la peça sotmesa a forces, en la direcció de les fibres, de compressió en dos extrems oposats. En el disseny realitzat es pot produir l'efecte en la palanca que rep una força de compressió en els dos extrems de la mateixa quan està girant. Per tant, s'han de fabricar les palanques de manera que els fibres segueixin la direcció de les forces de compressió, i evitar que es superi la resistència màxima que ofereixen a aquestes càrregues.

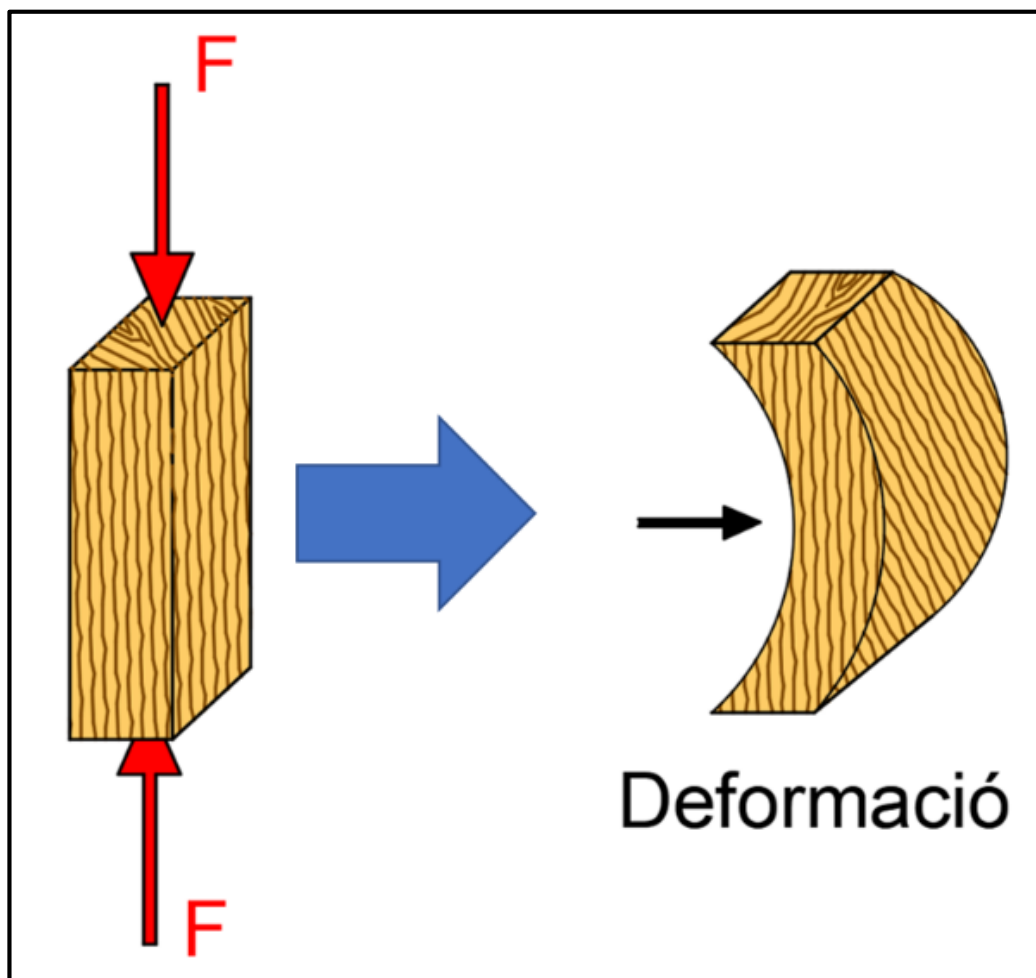


Fig. 1.54 Comportament de la fusta a esforços que poden causar vinclament.

#### 1.7.6.2.5 Comportament de la fusta: Cisallament

El cisallament es defineix com la capacitat de resistir forces que tendeixen a que una part del material llisqui sobre una altra part adjacent a aquesta. Generalment les forces que provoquen el cisallament tenen la mateixa direcció però tenen sentits oposats. En el cas de la fusta, aquest fenomen únicament pot aparèixer en la direcció paral·lela a les fibres. En la direcció perpendicular a les fibres no és possible ja que la resistència és alta i només es produirà el trencament de la fusta un cop es supera la resistència màxima del material.

En el disseny que s'ha creat es poden tenir forces que puguin provocar cisallament, principalment en les subjeccions del cos i de nou, en la palanca i en la guia. En les subjeccions existeix una força que les vol mantenir pegades al cos, mentre que una altra força de tensió en les cordes, utilitzades pels operaris, les estiren en direcció contrària a la força que la vol mantenir unida.

És necessari fabricar les peces de manera que la fibra de la fusta es trobi en la direcció que major resistència pugui oferir al cisallament per tal d'evitar trencament i fractures que fan malbé el disseny.

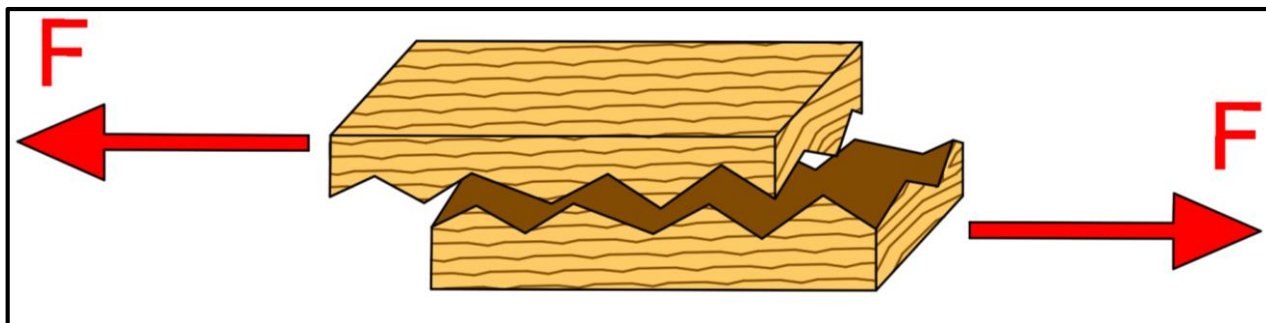


Fig. 1.55 Comportament de la fusta a esforços de cisallament en la direcció de les fibres.

### ***1.7.6.3 Primera opció: Fusta d'abet***

Existeix una llarga varietat de fusta d'abet: abet alpi, abet amable, abet de bàlsam, abet gran, etc. En general es pot definir com una fusta lleugera, poc resinosa, no desprèn olor un cop s'ha assecat i generalment té un gra recte. A més, ofereix una gran facilitat alhora de treballar aquesta fusta per tal d'aconseguir formes diverses i de gran precisió. A més es tracta d'una fusta molt típica en zones d'Àsia, Europa i Amèrica del Nord. Així doncs, aquesta fusta té una sèrie de característiques que són perfectes per al tipus de dispositiu que es vol elaborar, mentre que altres són un inconvenient per a la fabricació del mecanisme, per tant s'han d'estudiar igual que la resta d'opcions que es veuran.

#### **Avantatges:**

- Té una bona resposta al adhesiu, és a dir, és fàcil d'unir diferents elements d'aquesta fusta mitjançant qualsevol tipus de cola, pegament o silicona. Això el fa perfecte per aquest dispositiu, on els únics elements que no formen part de l'estructura o del cos i s'han d'afegir de manera addicional, es pot fer mitjançant adhesius.
- És una fusta molt econòmica comparada amb altres tipus de fusta. Aquesta característica és molt important, ja que un dels requeriments principals és que el cost de fabricació del dispositiu sigui baix per que es vol poder produir per a països subdesenvolupats.
- Té una bona resposta a la mecanització en els processos de serratge, eixugat, pentinat i acabat. Processos que són necessaris per poder obtenir certes peces detallades que conformen el cos, així com totes les lleves necessàries.
- És una fusta lleugera. Això la fa perfecta per a ser el material utilitzat per fabricar el cos que busca ser el més lleuger possible per tal de poder afegir més càrrega, sense superar la màxima establida en els requeriments. A més l'estructura també interessa que sigui el més lleugera possible per tal de que sigui més fàcil de transportar, en especial les estructures més grans necessàries per elevar el cos a les altures màximes determinades en els requeriments.
- Ofereix gran estabilitat. Important de cara a poder mantenir el cos de manera estable cada cop que s'enclava lleva a lleva a mesura que puja. Aquesta estabilitat també és important per a l'estructura, de manera mantingui un equilibri en la guia uniforme per a que no apareguin salts o discontinuïtats en l'avanç del cos.
- Tot i ser una fusta tova, té una bona rigidesa i duresa, que són més que suficients per poder fer funcionar el mecanisme sense causar desperfectes en el cos, guia o palanques. L'estructura és la que més necessita de rigidesa per evitar possibles flexions que puguin ensorrar la guia

amb el pes del cos, però amb aquesta fusta i el disseny creat, és compleixen aquests requeriments.

- És una fusta resistent a la humitat, cosa que la fa adequada per al disseny, en especial de l'estructura la qual ha d'estar en contacte directe amb superfícies exteriors que poden tenir humitat o estar mullades.

#### **Inconvenients:**

- És una fusta poc impregnable, cosa que fa que no pugui ser tractada amb vernissos protectors que siguin molt abrasius, i a més és molt probable que dels pocs tractaments que accepti, aquests siguin absorbits. Això fa que la fusta d'avet sigui poc durable en front d'agents biòtics.
- És poc resistent a l'arrencament d'elements clavats a la mateixa fusta.



*Fig. 1.56 Primera opció estudiada com a possible solució del material de fabricació.*

#### ***1.7.6.4 Segona opció: Fusta de pi***

La fusta de pi és una de les fustes més utilitzades, i això és degut principalment a les seves característiques. Existeixen diverses varietats de fusta de pi: silvestre, roig, negre, marítim, etc. Totes aquestes fustes tenen diferents característiques i propietats que les fan més aptes per a un treball o un altre, tot i això, la fusta de pi de manera general consta de característiques com són la facilitat de impregnació, bons nivells de resistència mecànica, facilitat de processat i abundància d'aquesta fusta en els diferents països. Totes aquestes propietats fan que sigui una possible solució del material del dispositiu dissenyat, però també existeixen algunes propietats que suposen un desavantatge per al disseny.

#### **Avantatges:**

- És una fusta fàcilment impregnable. Sense tractament o deficientment tractada, és una fusta tendeix a podrir-se o a rebre l'atac d'insectes. La fusta de pi combina un bon nivell de penetració i de retenció dels tractaments. Aquesta característica és important per al dispositiu dissenyat, no tant per al cos, però si per l'estructura, ja que amb la fusta de pi correctament tractada s'aconsegueix una estructura que aguantarà molt al llarg del temps. A més és un dispositiu que té que treballar en condicions externes, per tant la protecció que es possible afegir-li a la fusta, facilita molt el poder mantenir el bon estat de l'estructura.
- És una fusta abundant, especialment en les zones d'Europa i d'Àsia. Això fa que sigui un material molt més barat alhora de produir-lo que altres fustes més limitades segons la localització geogràfica d'aquestes. Aquesta fusta és fàcil de produir-la en la gran majoria de països, o en el pitjor dels casos exportar-la d'altres països però amb un cost molt més reduït que altres fustes. Això permet complir amb un dels requeriments principals del dispositiu, i és que el cost econòmic de material i fabricació és més baix, i per tant es té un estalvi econòmic important.
- La fusta de pi ofereix bons nivells de resistència mecànica. No destaca entre altres fustes en duresa, densitat, contracció, flexió, elasticitat o flexibilitat, però globalment és una de les fustes que ofereix la millor combinació de característiques mecàniques. Això fa que sigui un material apte per al nou disseny del dispositiu, ja que permet que es pugui elevar en el cos el pes màxim definit en els requeriments, sense causar una gran deformació ni trencament en els elements del disseny. Aquest punt és especialment important per la guia, ja que la deformació



de la mateixa podria causar la caiguda del cos posant en perill als operaris i usuaris del dispositiu, per tant l'estructura ha de tenir bones propietats mecàniques.

- La fusta de pi és fàcil de transformar i processar. És tracta d'una fusta semi-pesada, poc nerviosa (fibra recta), semi-dura, la qual és apta per al xapat, i amb un mecanitzat fàcil en tots els aspectes: raspallat, tornejat, trepatge, etc. L'encolat és apte i també es possible clavar i cargolar amb facilitat. Aquestes propietats el fan perfecte de cara a reduir el cost en la producció, ja que no necessita de mecanitzats especials i tampoc de tractaments específics per eliminar nusos i altres impureses. A més, la facilitat que ofereix per unir-se amb diferents elements ja sigui amb cola o cargols, permet poder produir les peces en diferents part i unir-les posteriorment, sense tenir la necessitat de fabricar grans peces més costoses.

#### Inconvenients:

- És una fusta que amb condicions de temperatures altes es dilata de gran manera, metre que amb temperatures baixes sofreix una alta contracció. Aquests fenòmens es poden controlar a partir de la humitat de la fusta però no deixen de ser problemàtics. En el disseny creat, dilatacions o contraccions poden causar que les lleves es desplacin de la seva posició original i el cos i les palanques es descarrilin de les lleves, provocant la caiguda del cos.
- Al tractar-se d'una fusta semi-dura pateix més fàcilment les rascades i deformacions que les fustes dures. Això pot causar alguns desperfectes superficials al llarg de la utilització del dispositiu, que poden acabar resultant en trencament més importants.



*Fig. 1.57 Segona opció estudiada com a possible solució del material de fabricació.*

#### ***1.7.6.5 Tercera opció: Fusta de roure***

La fusta de roure és una fusta molt particular que combina resistència a la vegada que duresa. És una de les fustes més utilitzades per a eines i mobles, per aquest motiu és una opció que presenta moltes qualitats interessants per a ser el material del disseny realitzat. Actualment existeixen tres tipus diferents de fusta de roure: el comú, el roig i l'americà, els quals tenen diversos usos segons les seves particularitats, tot i que presenten una sèrie de qualitats generals de les quals s'ha de realitzar un balanç, per conèixer fins quin punt aquesta opció és viable.

#### **Avantatges:**

- Al ser una fusta dura i pesada, és resistent a la humitat i a la immersió permanent en aigua. És un punt interessant de cara a utilitzar la fusta com a material del disseny, ja que el dispositiu està pensat per treballar a l'exterior on sempre es té una humitat o bé agents com la pluja o el vent poden aparèixer. Des d'aquest punt de vista, la resistència a la humitat i l'aigua d'aquesta fusta és interessant per a que el dispositiu perduri al llarg del temps, evitant possibles podriments i desgast per agents ambientals.
- És una fusta amb una gran resistència a cops i vibracions. La guia del disseny està lligada a una sèrie de cops provocats per l'impacte del cos sobre la guia cada cop que es supera una lleva i s'enclava el cos. A més, aquests cops impliquen que apareguin vibracions sobre la guia, a part de possibles vibracions que es puguin tenir en l'estructura degut al contacte amb el sòl. La resistència que ofereix aquesta fusta als cops i impactes pot protegir a la guia i l'estructura de possibles fractures i trencaments originats per cops i vibracions constants al llarg del temps d'utilització del dispositiu.
- És una fusta fàcilment transformable. Existeix una gran quantitat de mobiliari creat a partir de la fusta de roure, i això es per que accepta moltes formes de mecanitzat. Aquest punt és important de cara a la construcció del cos que necessita d'un mecanitzat detallat per a cert elements que el formen.

#### **Inconvenients:**

- La fusta de roure és molt pesada. Això implica que si l'estructura utilitza aquesta fusta, és torna un element molt pesat, i per tant, difícil de transportar i desplaçar.

- És una fusta amb mala recepció de l'encolatge. Tot i que respon bé a l'enclavament i cargolament, és difícil unir peces de fusta de roure amb cola. És necessita de cola especialitzada, la qual implica un cost superior en la producció.
- La resposta de la fusta de roure a alguns tractaments no és gaire bona, per tant la fa vulnerable a l'atac de certs agents externs. Tot i que la fusta de roure de per sí ja té una bona resposta a la humitat i l'aigua, és cert que existeixen altres fenòmens que la poden afectar i per tant ha de ser tractada per evitar problemes de desgast al llarg del temps.



*Fig. 1.58 Tercera opció estudiada com a possible solució del material de fabricació.*

#### *1.7.6.6 Opció seleccionada com a solució*

Com a material de tots els elements que formen el cos, així com per a totes les lleves i palanques, s'ha determinat que la solució adoptada és la primera, corresponent a la fusta d'abet, pels motius següents:

- La fusta d'abet és molt més lleugera que en les altres fustes estudiades. El cos ha de ser un element lleuger ja que així es pot col·locar més càrrega de pes per elevar, de manera que no es superi el pes màxim establert en els requeriments. A més, les lleves també han de ser lleugeres ja que per a les alçades més grans de la guia es necessiten moltes lleves i si aquestes són pesades, farà que la guia hagi de suportar massa càrregues. La palanca també és un element que necessita lleugeresa ja que ha de ser ergonòmic per a l'operari i a més quanta menys força utilitzada per l'usuari per contrarestar el pes de la palanca, més força es pot fer servir per aixecar el pes de la càrrega i el cos. Amb les altres opcions no es té tanta lleugeresa i crearia una sobrecàrrega en la guia que podria fracturar-la o partir-la.
- La fusta d'abet ofereix bones propietats mecàniques, les quals són necessàries especialment en palanca i lleves que han de suportar el pes del cos i la càrrega. Tot i això, la fusta de pi i roure tenen millors propietats, però com en general el cos no suportarà càrregues excessives, es pot assegurar que amb la fusta d'abet és més que suficient per utilitzar el dispositiu sense posar en perill als operaris.
- La fusta d'abet té una bona resposta a la unió mitjançant coles i silicones especials, cosa que és fonamental per unir els diferents elements del cos els quals alguns són petits i detallats i mitjançant cargols o claus, seria molt laboriós. La fusta de pi té una bona resposta a l'encolatge, però no tan bona com l'abet, i la fusta de roure té una resposta nefasta a l'encolatge, per tant queda descartada completament.
- A nivell general la fusta d'abet és la millor opció a nivell econòmic ja que tant la fusta com el procés de producció necessari, no impliquen un cost excessiu. Les altres opcions necessiten d'algun tractament especial o d'algun procés més complex, a part de que el material ja de per si és més car, resultant en un cost general més elevat. Tot i que l'opció triada és la més econòmica, sempre es fa tenint en compte que el nivell de seguretat que ofereix, tot i no ser superior que altres opcions, és més que suficient com per operar amb el dispositiu sense perill.

Com a material de la guia i de l'estructura que la suporta s'ha triat la segona opció, corresponent a la fusta de pi, pels motius següents:

- La fusta de pi és l'equilibri perfecte entre la fusta d'abet i la de roure pel que fa a les característiques mecàniques. La fusta d'abet tendeix més a deformar-se i desplaçar-se, cosa que no és favorable per a que sigui el material de l'estructura de suport de la guia. Per altra banda, la fusta de roure té millors propietats que la fusta de pi, però el seu gran inconvenient és que és una fusta molt pesada, i per tant fa que el transport i desplaçament de l'estructura i la guia sigui més difícil. Per tant, amb la fusta de pi s'aconsegueix aquest equilibri entre una fusta que no és tan pesada com el roure, però que té millors propietats mecàniques que la fusta d'abet.
- La fusta de pi no és un material tant econòmic com la fusta d'abet, i el seu procés de producció també implica un cost major. Tot i això és un cost necessari si es vol assegurar que l'estructura és segura i pot suportar i repartir el pes màxim de la càrrega, correctament. L'opció de la fusta de roure, s'ha descartat a nivell econòmic, ja que és el material més car de les tres opcions estudiades, i a més necessita de tractaments i mecanitzats en la fabricació de les peces, que tenen un cost superior a les altres dos opcions.

## 1.8 RESULTATS FINALS

El disseny final del dispositiu disposa de les següents característiques:

- El cos resultant manté la forma i el mecanisme d'elevació igual que el dispositiu "Herminio", però amb una ampliació que permet que aquest pugui ser elevat per quatre persones, poden aixecar el més màxim definit de 1.200 kg.
- La modificació del cos, implica un recipient més segur per realitzar el transport de la càrrega, així com un contacte més fluït i continu en les orelles amb les palanques.
- S'han augmentat el nombre de mànecs i subjeccions respecte al prototip original, per tal de que sigui més senzill la col·locació inicial del cos sobre la guia, així com el guiatge d'aquest al llarg de la seva elevació, i el seu gir a l'extrem final de la guia.
- Les lleves **Tipus-II** del cos, mantenen la forma del dispositiu original ja que permet un moviment continu i fluït en l'ascensió del cos.
- El cos dissenyat permet treballar als operaris d'una manera ergonòmica alhora d'aplicar força a la palanca per elevar el cos, tal i com es demanava en els requeriments.
- Els càlculs que es mostren en l'*Annex I* i en l'*Annex II*, demostren que el cos no cau o bolca ni estant en equilibri sobre la guia o en moviment, per tant s'assegura que hi ha un nivell de seguretat en l'ascensió del cos, tal com es remarcava en els requeriments.
- La nova guia dissenyada, elimina l'escala central vista en el dispositiu original, de manera que també fa prescindibles les lleves **Tipus-III**. La nova guia únicament disposa de les lleves **Tipus-I** i **Tipus-II** que queden encaixades entre les barres transversals substituïbles, que creuen perpendicularment la guia.
- El model dissenyat de guia treballa a 30 ° tal com es defineix en els requeriments, i disposa d'una estructura sustentadora, formada per uns pilars i una base que assegurin la guia en la seva posició de treball.
- La solució triada com a disseny de guia no permet realitzar variacions de la longitud d'aquesta, i per tant tampoc es pot variar l'altura a la que es vol elevar el cos. Aquest és un dels principals inconvenient d'aquest disseny, on és necessari fabricar una nova guia, o si més no, modificar una utilitzada anteriorment per poder arribar a l'alçada desitjada. Tot i això, s'han estandarditzant un total de 4 guies que permeten arribar a alçades de 10 m, 8 m, 6 m i 4 m.



- L'altre gran desavantatge que es té és que per tal de poder reduir l'espai que ocupa la guia, tal com es demana en els requeriments, s'han tingut que dissenyar unes estructures molt robustes, cosa que ha suposat que aquestes siguin molt pesades. Especialment les d'elevació a 10 m i 8 m, són excessivament pesades i això implica que el seu transport és complicat.
- L'anàlisi estructural de la guia que es mostra en l'*Annex III*, demostra que cap dels 4 dissenys de guia realitzats, pateixen un excessiu gir o deformació al suportar el cos al llarg de la seva ascensió, per tant no hi ha perill de trencament o fallada de l'estructura.
- El cost econòmic de les diverses opcions segons la guia triada són:
  - Cos i guia de 10 m d'elevació: 6.078,94 €.
  - Cos i guia de 8 m d'elevació: 5.394,52 €.
  - Cos i guia de 6 m d'elevació: 4.338,89 €.
  - Cos i guia de 4 m d'elevació: 3.124,27 €.
- Els costos obtinguts per a les opcions amb guies d'elevació de 10 m i 8 m, són bastant alts i no són rentables si es comparen amb el cost d'una grua de construcció. Tot i això es considera que per arribar a aquestes elevacions, la situació ha de ser molt específica per a que es faci servir aquest dispositiu, per tant està més pensat per països que es poden permetre el cost.
- En canvi per les opcions amb guies elevadores de 6 m i 4 m, s'obté un cost alt però més rentable, comparat amb el cos d'una grua convencional. Per tant, aquestes opcions van més dirigides als països subdesenvolupats que no poden pagar el cost de les màquines convencionals.
- Cal aclarir que aquest pressupost s'ha obtingut considerant que el dispositiu es realitza en una cadena de muntatge amb el cost que implica l'ús de màquines i energia, en canvi el dispositiu està pensat per a que també pugui ser construït amb pocs recursos, cosa que redueix el preu. Per exemple, una bona opció seria ensenyar a la població dels països subdesenvolupats, la manera de construir el dispositiu per a que ho facin ells manualment; en especial els dispositius amb guies per 6 m i 4m d'elevació.
- Es conclou que amb el disseny del cos i les diferents opcions de guia, es compleixen els requeriments proposats inicialment. Tot i a això, aquest dispositiu té un ampli rang de millora, i sobretot necessita de projectes addicionals de fatiga i deformació dels materials, que corroborin que no hi ha perill de trencament o deformació en el disseny realitzat.





## **2. ANNEXOS**



## ÍNDEX DELS ANNEXOS

<b>2. ANNEXOS .....</b>	<b>124</b>
2.1 ANNEX I: Anàlisi estàtic del mecanisme .....	131
2.1.1 Introducció .....	131
2.1.2 Determinació de punts i distàncies necessàries en els càlculs .....	132
2.1.3 Càlcul de les forces de contacte i friccions .....	134
2.1.4 Anàlisi dels resultats obtinguts .....	142
2.2 Annex II: Anàlisi dinàmic del mecanisme .....	143
2.2.1 Introducció .....	143
2.2.2 Determinació de punts i distàncies necessàries en els càlculs .....	144
2.2.3 Càlcul de les forces de contacte i friccions .....	149
2.2.4 Anàlisi dels resultats obtinguts .....	161
2.3 ANNEX III: Càlcul de les forces, desplaçaments i girs l'estructura de la guia .....	162
2.3.1 Introducció .....	162
2.3.2 Anàlisi de l'estructura I: Elevació del cos de 10 metres .....	163
2.3.2.1 Caracterització de l'estructura .....	163
2.3.2.2 Càlcul de l'estructura mitjançant el mètode analític .....	166
2.3.2.3 Resultats obtinguts en la simulació .....	181
2.3.2.4 Anàlisi dels resultats obtinguts .....	184
2.3.3 Anàlisi de l'estructura II: Elevació del cos de 8 metres .....	185
2.3.3.1 Caracterització de l'estructura .....	185
2.3.3.2 Resultats obtinguts en la simulació .....	188
2.3.3.3 Anàlisi dels resultats obtinguts .....	191



---

2.3.4	Anàlisi de l'estructura III: Elevació del cos de 6 metres .....	192
2.3.4.1	Caracterització de l'estructura .....	192
2.3.4.2	Resultats obtinguts en la simulació .....	195
2.3.4.3	Anàlisi dels resultats obtinguts .....	198
2.3.5	Anàlisi de l'estructura IV: Elevació del cos de 4 metres.....	199
2.3.5.1	Caracterització de l'estructura .....	199
2.3.5.2	Resultats obtinguts en la simulació .....	202
2.3.5.3	Anàlisi dels resultats obtinguts .....	205

## ÍNDIX DE LES FIGURES DELS ANNEXOS

<b>Fig.2.1</b> Situació del cos en anàlisi estàtic.....	128
<b>Fig.2.2</b> Esquema localització de punts anàlisi estàtic.....	129
<b>Fig.2.3</b> Diagrama de forces del cos anàlisi estàtic.....	131
<b>Fig.2.4</b> Diagrama de forces de les lleves I anàlisi estàtic.....	132
<b>Fig.2.5</b> Diagrama de forces de les lleves II anàlisi estàtic.....	132
<b>Fig.2.6</b> Diagrama de forces de les lleves III anàlisi estàtic.....	133
<b>Fig.2.7</b> Situació del cos en anàlisi dinàmic.....	140
<b>Fig.2.8</b> Esquema localització de punts anàlisi dinàmic.....	141
<b>Fig.2.9</b> Esquema localització de punts AN contacte cos-palanca.....	142
<b>Fig.2.10</b> Esquema localització de punts BN contacte cos-palanca.....	143
<b>Fig.2.11</b> Diagrama de forces del cos anàlisi dinàmic.....	146
<b>Fig.2.12</b> Diagrama de forces de les lleves I anàlisi dinàmic.....	147
<b>Fig.2.13</b> Diagrama de forces de les lleves II anàlisi dinàmic.....	147
<b>Fig.2.14</b> Diagrama de forces de les lleves III anàlisi dinàmic.....	148
<b>Fig.2.15</b> Diagrama de forces de les lleves IV anàlisi dinàmic.....	148
<b>Fig.2.16</b> Diagrama de forces palanca anàlisi dinàmic.....	155
<b>Fig.2.17</b> Distància de punts N a punt O anàlisi dinàmic.....	155
<b>Fig.2.18</b> Estructura de la guia 10 m d'elevació.....	161
<b>Fig.2.19</b> Simplificació estructura de la guia 10 m d'elevació.....	161
<b>Fig.2.20</b> Criteri de signes d'esforços mètode analític.....	163
<b>Fig.2.21</b> Criteri de signes de forces mètode analític.....	163
<b>Fig.2.22</b> Nomenclatura de barres mètode analític.....	163



<b>Fig.2.23</b>	Coeficients en els extrems de barra del mètode analític.....	164
<b>Fig.2.24</b>	Estructura 10 m deformada mètode analític.....	165
<b>Fig.2.25</b>	Detall Estructura 10 m deformada mètode analític.....	166
<b>Fig.2.26</b>	Coeficients extrems de barra 1-4 mètode analític.....	168
<b>Fig.2.27</b>	Coeficients extrems de barra 4-6 mètode analític.....	168
<b>Fig.2.28</b>	Transformació barra 4-6 mètode analític.....	169
<b>Fig.2.29</b>	Coeficients extrems de barra 2-6 mètode analític.....	170
<b>Fig.2.30</b>	Coeficients extrems de barra 2-3 mètode analític.....	170
<b>Fig.2.31</b>	Coeficients extrems de barra 4-5 mètode analític.....	171
<b>Fig.2.32</b>	Coeficients extrems de barra 6-7 mètode analític.....	171
<b>Fig.2.33</b>	Tall nus 4 mètode analític.....	173
<b>Fig.2.34</b>	Tall nus 6 mètode analític.....	173
<b>Fig.2.35</b>	Tall nus 2 mètode analític.....	173
<b>Fig.2.36</b>	Tall de l'estructura mètode analític.....	174
<b>Fig.2.37</b>	Equilibri en barra 6-7 mètode analític.....	175
<b>Fig.2.38</b>	Equilibri en barra 2-3 mètode analític.....	176
<b>Fig.2.39</b>	Estructura 10 m en simulació.....	178
<b>Fig.2.40</b>	Resultats estructura 10 m en simulació.....	179
<b>Fig.2.41</b>	Deformada estructura 10 m en simulació.....	179
<b>Fig.2.42</b>	Moments flectors estructura 10 m en simulació.....	180
<b>Fig.2.43</b>	Esforços tallants estructura 10 m en simulació.....	180
<b>Fig.2.44</b>	Esforços axials estructura 10 m en simulació.....	180
<b>Fig.2.45</b>	Estructura de la guia 8 m d'elevació.....	183
<b>Fig.2.46</b>	Simplificació estructura de la guia 8 m d'elevació.....	183
<b>Fig.2.47</b>	Estructura 8 m en simulació.....	185

---

<b>Fig.2.48</b> Resultats estructura 8 m en simulació.....	185
<b>Fig.2.49</b> Deformada estructura 8 m en simulació.....	186
<b>Fig.2.50</b> Moments flectors estructura 8 m en simulació.....	186
<b>Fig.2.51</b> Esforços tallants estructura 8 m en simulació.....	187
<b>Fig.2.52</b> Esforços axials estructura 8 m en simulació.....	187
<b>Fig.2.53</b> Estructura de la guia 6 m d'elevació.....	190
<b>Fig.2.54</b> Simplificació estructura de la guia 6 m d'elevació.....	190
<b>Fig.2.55</b> Estructura 6 m en simulació.....	192
<b>Fig.2.56</b> Resultats estructura 6 m en simulació.....	192
<b>Fig.2.57</b> Deformada estructura 6 m en simulació.....	193
<b>Fig.2.58</b> Moments flectors estructura 6 m en simulació.....	193
<b>Fig.2.59</b> Esforços tallants estructura 6 m en simulació.....	194
<b>Fig.2.60</b> Esforços axials estructura 6 m en simulació.....	194
<b>Fig.2.61</b> Estructura de la guia 4 m d'elevació.....	197
<b>Fig.2.62</b> Simplificació estructura de la guia 4 m d'elevació.....	197
<b>Fig.2.63</b> Estructura 4 m en simulació.....	199
<b>Fig.2.64</b> Resultats estructura 4 m en simulació.....	199
<b>Fig.2.65</b> Deformada estructura 4 m en simulació.....	200
<b>Fig.2.66</b> Moments flectors estructura 4 m en simulació.....	200
<b>Fig.2.67</b> Esforços tallants estructura 4 m en simulació.....	201
<b>Fig.2.68</b> Esforços axials estructura 4 m en simulació.....	201



---

## ÍNDIX DE LES TAULES DELS ANNEXOS

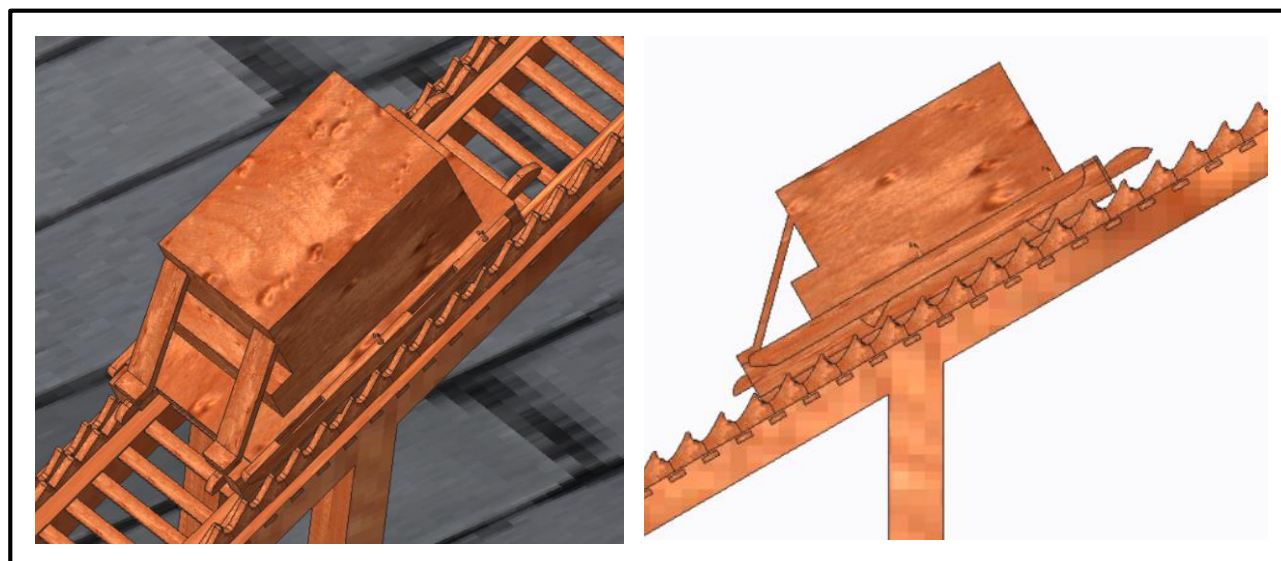
<b>Taula 1</b> Resum distàncies punts-G anàlisi estatic.....	130
<b>Taula 2</b> Resum distàncies AN-G anàlisi dinàmic.....	144
<b>Taula 3</b> Resum distàncies BN-G anàlisi dinàmic.....	145
<b>Taula 4</b> Resum resultats anàlisi dinàmic.....	157
<b>Taula 5</b> Resum longitud barres guia elevació 10 m.....	162
<b>Taula 6</b> Resum resultats mètode analític.....	178
<b>Taula 7</b> Resum longitud barres guia elevació 8 m.....	184
<b>Taula 8</b> Resum longitud barres guia elevació 6 m.....	191
<b>Taula 9</b> Resum longitud barres guia elevació 4 m.....	198

## 2.1 ANNEX I: Anàlisi estàtic del mecanisme

### 2.1.1 Introducció

Aquest Annex inclou l'anàlisi de les diferents forces aplicades sobre el cos del dispositiu, quan aquest està enclavat sobre les lleves, sense que se li apliqui cap força sobre les palanques. D'aquesta manera es volen obtenir les reaccions de les lleves sobre les que descansa el cos per tal de comprovar que no siguin forces excessives que puguin deformar-les. A més també es vol assegurar, que amb la màxima càrrega que ha de pujar el dispositiu, no es produeix una caiguda del cos, ja sigui per que el cos patini de les lleves en que està enclavat, o bé per que la càrrega aplica una força sobre la safata que pot causar un moment que faci bolcar el cos.

Per tal de realitzar l'anàlisi estàtic del dispositiu, s'han fet una sèrie de suposicions degut a la complexitat del perfil de les lleves del cos que estan en contacte amb les lleves de la guia. Aquestes suposicions s'han especificat en els següents apartats d'aquest Annex, a mesura que es realitza l'explicació dels càlculs realitzats.



*Fig. 2.1 Situació del cos estudiada en l'anàlisi estàtic d'aquest Annex.*

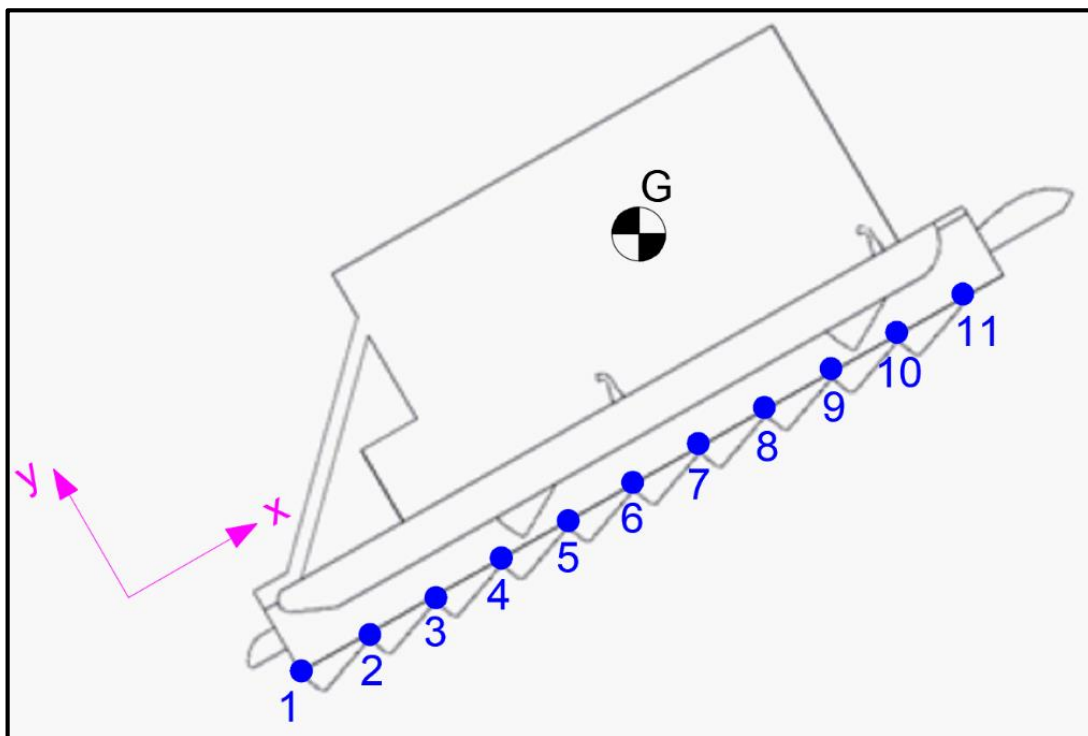
### 2.1.2 Determinació de punts i distàncies necessàries en els càlculs

Degut a les diferents forces que apareixen en cada lleva, ha estat necessari establir una sèrie de punts en els que es tindran aplicades les resultants d'aquestes forces, tal i com es podrà veure en els diagrames de cos lliure dels següents apartats. Aquests punts corresponen als punts blaus de l'1 fins al 11 que es poden observar en la **Fig.2.2**.

A més, també ha estat necessari establir el centre de gravetat (G), per tal de poder fer-lo servir en els càlculs com a referència sobre el que realitzar el sumatori de moments, de manera que també s'ha obtingut a partir del disseny virtual del cos, la distància de cadascun dels punts de les lleves al centre de gravetat del cos, tant en l'eix x com en l'eix y, d'acord al sistema de referència que es pot observar en la **Fig2.2** que correspon amb la posició de treball del cos a  $30^\circ$ .

Cal aclarir, que la posició del centre de gravetat que s'ha obtingut, és tenint el cos carregat amb el màxim pes, definit en els requeriments, de 1.200 kg.

Les distàncies obtingudes es poden veure en la **Taula 1** d'aquest annex.



**Fig. 2.2** Esquema de la localització dels punts i del centre de gravetat (G) del cos amb càrrega màxima, en la posició de treball del mecanisme a  $30^\circ$ .



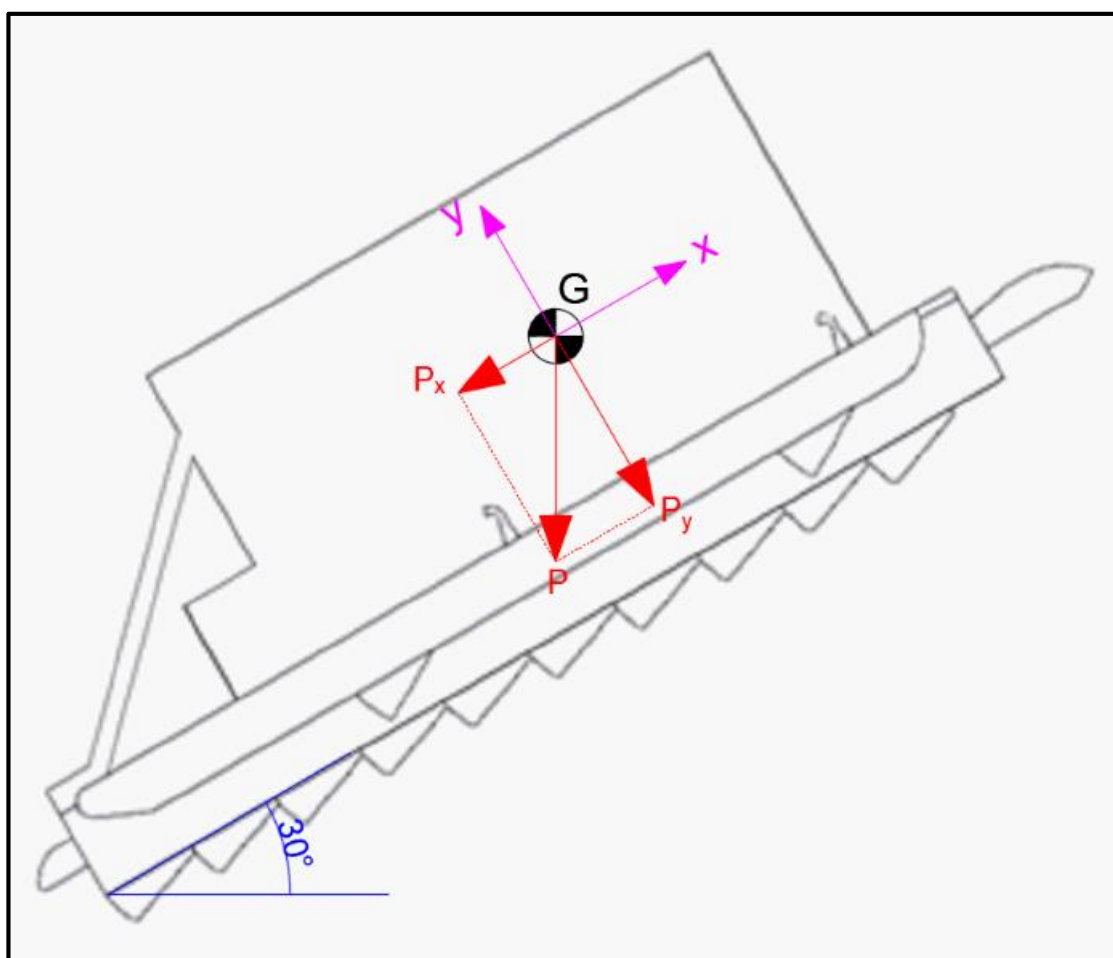
**Taula 1** Resum de les distàncies del centre de gravetat, a cadascun dels punts de les llesves, obtingudes a partir de les coordenades en l'eix X i Y del centre de gravetat i dels punts, respecte els eixos de referència mostrats en la Fig2.2.

Distància del centre de gravetat (G) del cos+càrrega a cadascun dels punts en les coordenades X i Y (cm)								
Punt	Coordenada X (cm)	Coordenada Y (cm)	Distància relativa G - Punt X (cm)	Distància relativa G - Punt Y (cm)	Nomenclatura distància X	Distància valor absolut X (cm)	Nomenclatura distància Y	Distància valor absolut Y (cm)
G	151,9130	27,2219	0	0	-	0	-	0
1	32,4871	46,7219	119,4259	-19,50	(d <sub>G,1</sub> ) <sub>x</sub>	119,4259	(d <sub>G,1</sub> ) <sub>y</sub>	19,50
2	50,4871	46,7219	101,4259	-19,50	(d <sub>G,2</sub> ) <sub>x</sub>	101,4259	(d <sub>G,2</sub> ) <sub>y</sub>	19,50
3	68,4871	46,7219	83,4259	-19,50	(d <sub>G,3</sub> ) <sub>x</sub>	83,4259	(d <sub>G,3</sub> ) <sub>y</sub>	19,50
4	86,4871	46,7219	65,4259	-19,50	(d <sub>G,4</sub> ) <sub>x</sub>	65,4259	(d <sub>G,4</sub> ) <sub>y</sub>	19,50
5	104,4870	46,7219	47,4260	-19,50	(d <sub>G,5</sub> ) <sub>x</sub>	47,4260	(d <sub>G,5</sub> ) <sub>y</sub>	19,50
6	122,4870	46,7219	29,4260	-19,50	(d <sub>G,6</sub> ) <sub>x</sub>	29,4260	(d <sub>G,6</sub> ) <sub>y</sub>	19,50
7	140,4870	46,7219	11,4260	-19,50	(d <sub>G,7</sub> ) <sub>x</sub>	11,4260	(d <sub>G,7</sub> ) <sub>y</sub>	19,50
8	158,4870	46,7219	-6,5740	-19,50	(d <sub>G,8</sub> ) <sub>x</sub>	6,5740	(d <sub>G,8</sub> ) <sub>y</sub>	19,50
9	176,4870	46,7219	-24,5740	-19,50	(d <sub>G,9</sub> ) <sub>x</sub>	24,5740	(d <sub>G,9</sub> ) <sub>y</sub>	19,50
10	194,4870	46,7219	-42,5740	-19,50	(d <sub>G,10</sub> ) <sub>x</sub>	42,5740	(d <sub>G,10</sub> ) <sub>y</sub>	19,50
11	212,4870	46,7219	-60,5740	-19,50	(d <sub>G,11</sub> ) <sub>x</sub>	60,5740	(d <sub>G,11</sub> ) <sub>y</sub>	19,50

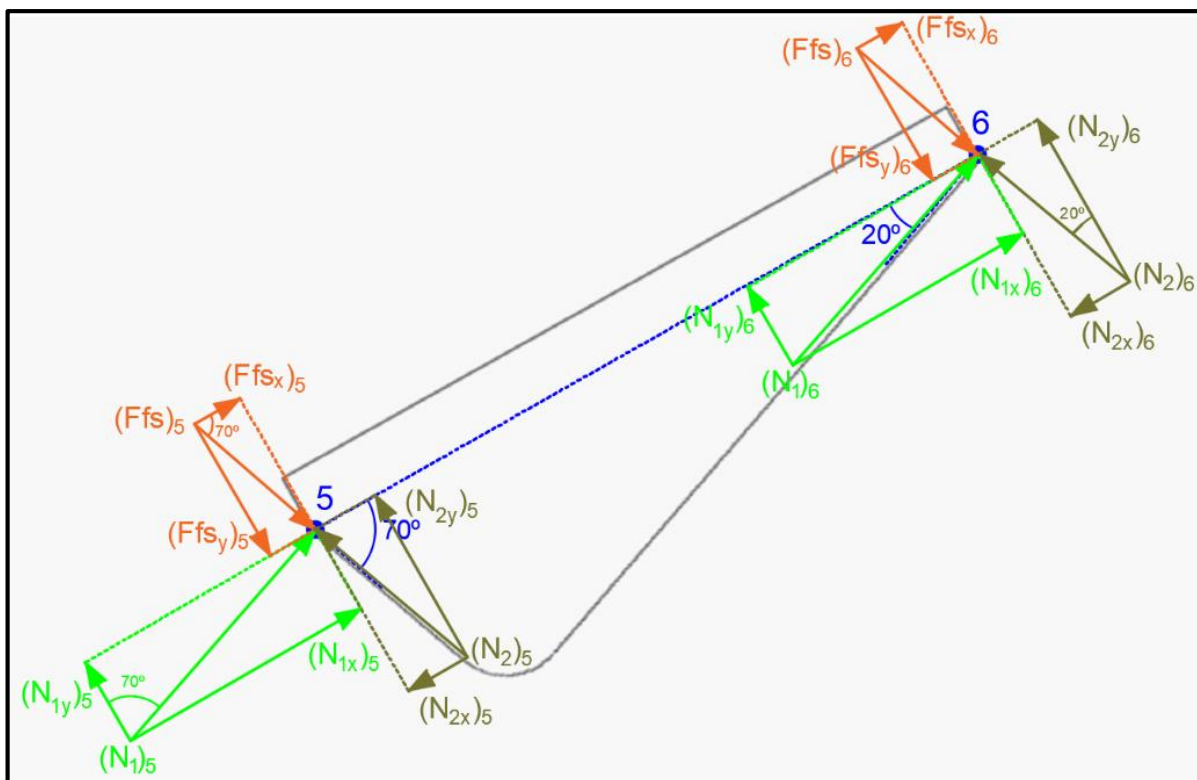


### 2.1.3 Càlcul de les forces de contacte i friccions

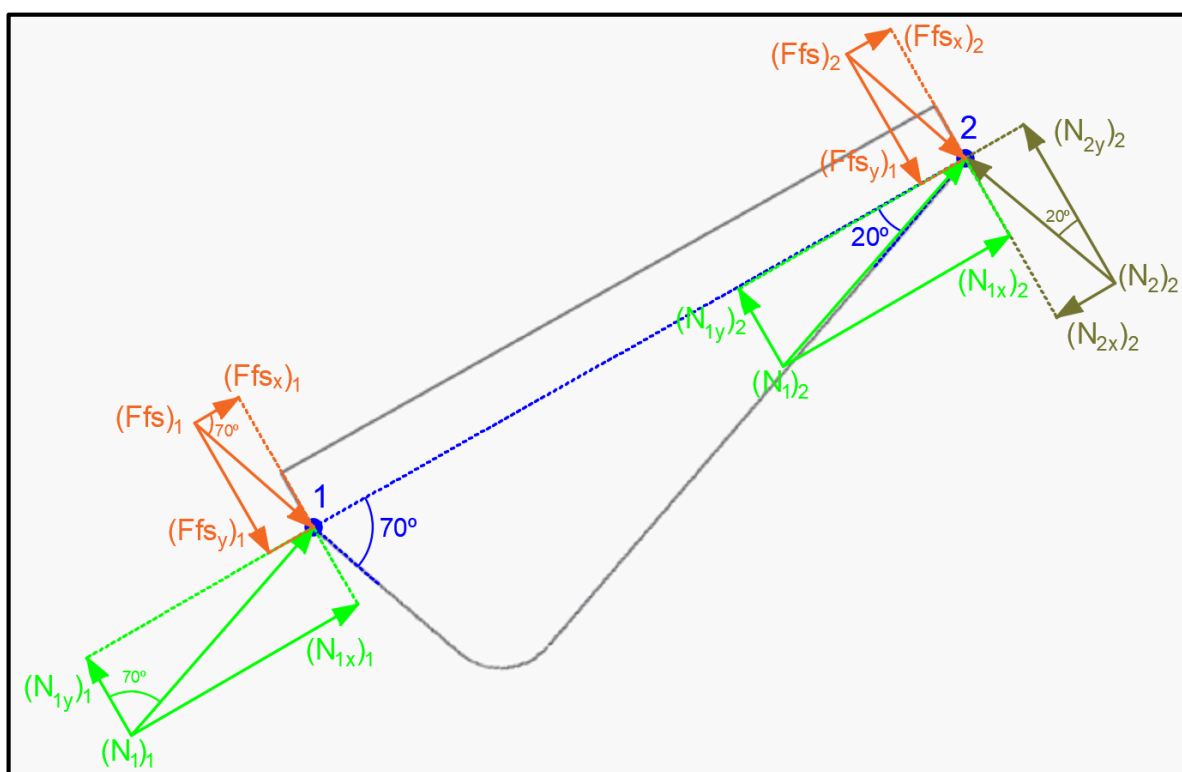
Per tal de calcular les diferents forces de contacte i les friccions que afecten al sistema, ha estat necessari realitzar un diagrama de cos lliure del cos del dispositiu, tal i com es mostra en la **Fig.2.3**, així com vistes en detall de les forces que actuen en les lleves del cos, segons la posició d'aquestes, tal i com es mostra en la **Fig.2.4**, **Fig.2.5** i **Fig.2.6** (s'han fet en diverses figures per tal de que sigui més comprensible, tot i que totes les forces mostrades en les imatges formen part del mateix cos).



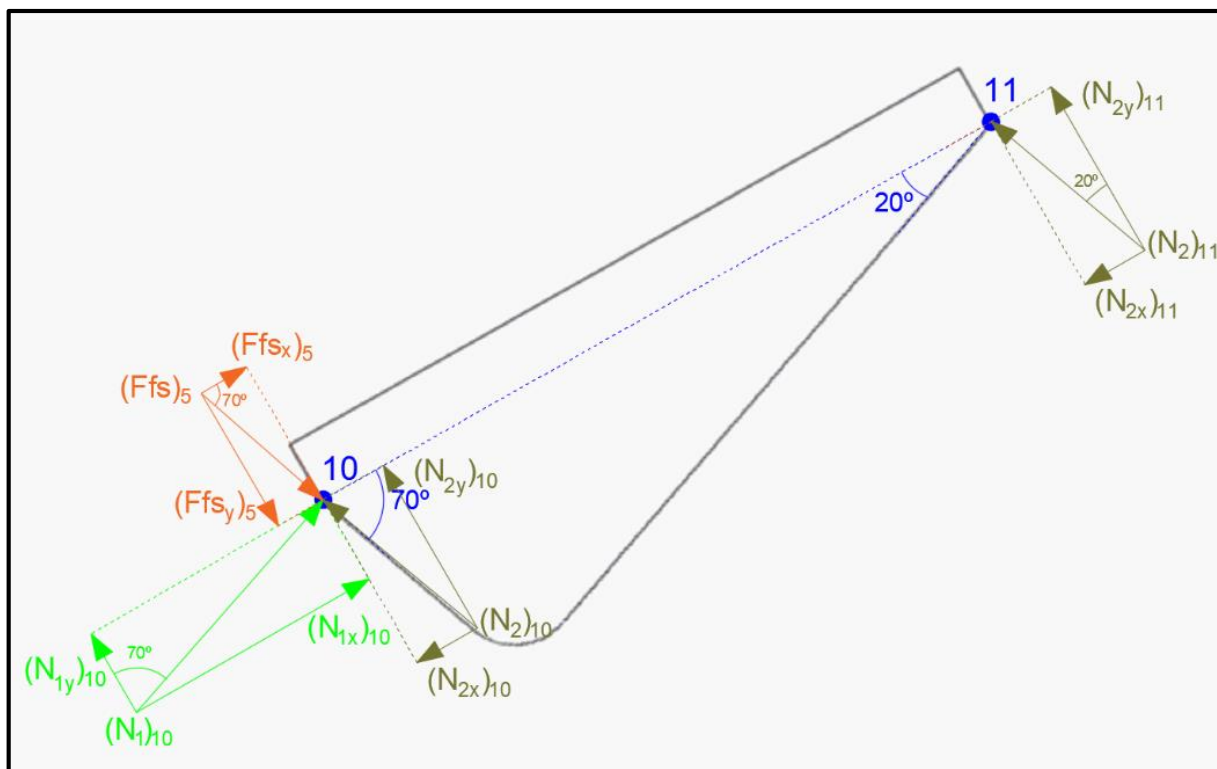
**Fig. 2.3** Esquematzació de les forces que afecten al cos de manera general. Com es pot veure únicament es té el pes del cos carregat a càrrega màxima, el qual està aplicat en el centre de gravetat de la peça. Les forces de contacte i fricció s'han representat en altres figures degut a la gran quantitat que existeix d'aquestes.



**Fig. 2.4** Detall de les forces aplicades en els punts 5 i 6, que comprenen una de les llevs del cos. Tots els punts del 2 al 10 tenen les forces mostrades en els punts 5 i 6, ja que no són punts especials com el 1 o el 11.



**Fig. 2.5** Detall de les forces aplicades en els punts 1 i 2, que comprenen una de les llevs del cos. Es pot observar que no s'ha considerat la força normal 2 en el punt 1.



**Fig. 2.6** Detall de les forces aplicades en els punts 10 i 11, que comprenen una de les lleves del cos. Es pot observar que no s'ha considerat la força normal 1 ni la força de fricció estàtica en el punt 11.

En la **Fig.2.3**, **Fig.2.4**, **Fig.2.5** i **Fig.2.6** es mostren les forces que apareixen al realitzar els sumatoris de forces i moments, per tal d'assegurar que es mantindrà el cos en una posició d'equilibri i que no bolcarà o caurà. En la **Fig.2.3** únicament s'ha representat el pes del cos aplicat en el centre de gravetat que es té amb el cos carregat a màxima càrrega de 1.200 kg. Com es pot veure, els eixos x i y representats, s'han pres com a referència per descompondre cadascuna de les forces, i a més s'han situat en el centre de gravetat, per utilitzar aquest punt com a referència del sumatori de moments.

El pes no és la única força que es té, degut al contacte entre les lleves **Tipus-II** del cos i de la guia, apareixen dos contactes corresponents a la força normal 1 i la força normal 2, a més d'una força de fricció estàtica. Aquestes forces apareixen en cadascuna de les lleves de diferent manera segons el punt en que estiguin aplicades, per aquest motiu s'han representat en diverses figures com són la **Fig.2.4**, **Fig.2.5** i **Fig.2.6**. Les resultants d'aquestes forces de contacte i fricció s'han situat en els punts localitzats d'acord a la **Fig.2.2**, ja que es creu que són punts dels extrems de les dos superfícies en contacte amb la guia, de cadascuna de les lleves, on es més crític tenir aquestes forces, cosa que pot suposa la caiguda o bolcament del cos.

S'ha considerat que tant la força normal 1 com la força normal 2, com la força de fricció estàtica, són igual en tots els punts de manera que es tenen les següents simplificacions:

$$N_1 = (N_1)_1 = (N_1)_2 = (N_1)_3 = (N_1)_4 = (N_1)_5 = (N_1)_6 = (N_1)_7 = (N_1)_8 = (N_1)_9 = (N_1)_{10}$$

$$Ff_s = (Ff_s)_1 = (Ff_s)_2 = (Ff_s)_3 = (Ff_s)_4 = (Ff_s)_5 = (Ff_s)_6 = (Ff_s)_7 = (Ff_s)_8 = (Ff_s)_9 = (Ff_s)_{10}$$

$$N_2 = (N_2)_2 = (N_2)_3 = (N_2)_4 = (N_2)_5 = (N_2)_6 = (N_2)_7 = (N_2)_8 = (N_2)_9 = (N_2)_{10} = (N_2)_{11}$$

*\*On les components en cadascuna d'aquestes forces respecte els eixos de referència, també és igual en mòdul, direcció i sentit en tots els punts en que estan aplicades.*

Com es pot veure en la **Fig.2.4** els punts del 2 al 10, tots tenen les tres forces aplicades ja que estan en contacte amb dos superfícies de la lleva de la guia. En canvi tal com es mostra en la **Fig.2.5**, el punt 1 no disposa de la força normal 2 ja que únicament està en contacte amb la superfície que causa la força normal 1 i la força de fricció estàtica, en la lleva de la guia. Amb el punt 11, tal com es mostra en la **Fig.2.6**, no es té ni força normal 1, ni força de fricció estàtica, ja que el punt només està en contacte amb la superfície que genera la força normal 2, en la lleva de la guia. Tant el punt 1 com el 11, tenen aquestes variants ja que són el primer i l'últim punt de la fila de lleves del cos, per tant únicament descansen sobre una superfície. La resta de punts de les lleves estan en contacte amb les dos superfícies de les lleves de la guia, de manera que tenen totes les forces representades.

A part d'aquestes consideracions, també s'ha de contemplar que el cos està en contacte amb la guia pels dos cantons d'aquest, per tant es tenen les mateixes forces tant en les lleves del carril dret, com el de l'esquerra de la guia. Així doncs sabent que en cada lateral del cos es tenen 10 lleves, es té un total de 20 lleves, de manera que s'ha contemplat aquest número de lleves en el sumatori de forces respecte l'eix x i y, mentre que en el sumatori de moments, per simplicitat, s'ha estudiat únicament un lateral del cos i els moments obtinguts produïts per cada força, s'han multiplicat per dos, per tal de considerar les forces en les lleves de l'altre lateral.

Fetes aquestes consideracions, ja es possible realitzar els càlculs corresponents, per tal de conèixer cadascuna de les forces normals i de fricció, i així determinar si són valors excessius, i sinó es produeix caiguda o bolcament del cos des de la guia. A partir de les equacions de l'estàtica i altres relacions, s'ha realitzat un sistema d'equacions que permet conèixer el valor de totes les incògnites que es tenen.

Primerament s'ha obtingut l'**Eq.1** de realitzar el sumatori de forces respecte l'eix x:

$$\sum F_x = 0$$

$$20 \cdot \sin(70^\circ) \cdot N_1 - 20 \cdot \sin(20^\circ) \cdot N_2 + 20 \cdot \cos(70^\circ) \cdot Ff_s = P \cdot \sin(30^\circ) \quad (\text{Eq. 1})$$

On:

$N_1$ : Força normal en la superfície 1 de cadascuna de les lleves del cos, en Newtons.

$N_2$ : Força normal en la superfície 2 de cadascuna de les lleves del cos, en Newtons.

$Ff_s$ : Força de fricció estàtica en la superfície 1 de cadascuna de les lleves del cos, en Newtons.

$P$ : Pes del cos carregat amb la màxima càrrega, en Newtons.

Realitzant el sumatori de forces respecte l'eix y, s'ha obtingut l'**Eq.2**:

$$\sum F_y = 0$$

$$20 \cdot \cos(70^\circ) \cdot N_1 - 20 \cdot \cos(20^\circ) \cdot N_2 + 20 \cdot \sin(70^\circ) \cdot Ff_s = P \cdot \cos(30^\circ) \quad (\text{Eq. 2})$$

On:

$N_1$ : Força normal en la superfície 1 de cadascuna de les lleves del cos, en Newtons.

$N_2$ : Força normal en la superfície 2 de cadascuna de les lleves del cos, en Newtons.

$Ff_s$ : Força de fricció estàtica en la superfície 1 de cadascuna de les lleves del cos, en Newtons.

$P$ : Pes del cos carregat amb la màxima càrrega, en Newtons.

Del sumatori de moments en el centre de gravetat (G) del cos carregat, respecte l'eix z corresponent a l'eix perpendicular a l'eix x i y, i considerant el gir antihorari com a sentit positiu de gir, s'ha obtingut l'**Eq.3**:

$$\sum (M_G)_z = 0$$

$$2 \cdot (M_{N_1} + M_{N_2} + M_{Ff_s}) = 0 \quad (\text{Eq. 3})$$

On:

$M_{N_1}$ : Resultant de moments produïts per la força normal 1 en cadascun dels punts aplicats, en Newtons per metre.

$M_{N_2}$ : Resultant de moments produïts per la força normal 2 en cadascun dels punts aplicats, en Newtons per metre.

$M_{Ff_s}$ : Resultant de moments produïts per la força de fricció estàtica en cadascun dels punts aplicats, en Newtons per metre.

Degut a la llarga llista de forces que intervenen, s'ha estudiat cada resultant de moments de forma individual per tal de poder acabar substituint els termes obtinguts en l'**Eq.3**. Per això han estat necessàries les distàncies recollides en la **Taula 1**:

$$M_{N_1} = N_1 \cdot \cos(70^\circ) \cdot [-(d_{G-1})_x - (d_{G-2})_x - (d_{G-3})_x - (d_{G-4})_x - (d_{G-5})_x - (d_{G-6})_x - (d_{G-7})_x + (d_{G-8})_x + (d_{G-9})_x + (d_{G-10})_x] +$$

$$N_1 \cdot \sin(70^\circ) \cdot [(d_{G-1})_y + (d_{G-2})_y + (d_{G-3})_y + (d_{G-4})_y + (d_{G-5})_y + (d_{G-6})_y + (d_{G-7})_y + (d_{G-8})_y + (d_{G-9})_y + (d_{G-10})_y]$$

$$M_{N_1} = 3,07618 \cdot N_1$$

$$M_{N_2} = N_2 \cdot \cos(20^\circ) \cdot [-(d_{G-2})_x - (d_{G-3})_x - (d_{G-4})_x - (d_{G-5})_x - (d_{G-6})_x - (d_{G-7})_x + (d_{G-8})_x + (d_{G-9})_x + (d_{G-10})_x + (d_{G-11})_x] +$$

$$N_2 \cdot \sin(20^\circ) \cdot [-(d_{G-2})_y - (d_{G-3})_y - (d_{G-4})_y - (d_{G-5})_y - (d_{G-6})_y - (d_{G-7})_y - (d_{G-8})_y - (d_{G-9})_y - (d_{G-10})_y - (d_{G-11})_y]$$

$$M_{N_2} = -3,5174 \cdot N_2$$

$$M_{Ff_s} = Ff_s \cdot \sin(70^\circ) \cdot [(d_{G-1})_x + (d_{G-2})_x + (d_{G-3})_x + (d_{G-4})_x + (d_{G-5})_x + (d_{G-6})_x + (d_{G-7})_x - (d_{G-8})_x - (d_{G-9})_x - (d_{G-10})_x] +$$

$$Ff_s \cdot \cos(70^\circ) \cdot [(d_{G-1})_y + (d_{G-2})_y + (d_{G-3})_y + (d_{G-4})_y + (d_{G-5})_y + (d_{G-6})_y + (d_{G-7})_y + (d_{G-8})_y + (d_{G-9})_y + (d_{G-10})_y]$$

$$M_{Ff_s} = 5,20884 \cdot Ff_s$$



D'aquesta manera es pot obtenir l'**Eq.4** amb les mateixes incògnites que es tenen en l'**Eq.1** i l'**Eq.2**:

$$2 \cdot (3,07618 \cdot N_1 - 3,5174 \cdot N_2 + 5,20884 \cdot Ff_s) = 0 \quad (\mathbf{Eq.4})$$

On:

$N_1$ : Força normal en la superfície 1 de cadascuna de les lleves del cos, en Newtons.

$N_2$ : Força normal en la superfície 2 de cadascuna de les lleves del cos, en Newtons.

$Ff_s$ : Força de fricció estàtica en la superfície 1 de cadascuna de les lleves del cos, en Newtons.

$P$ : Pes del cos carregat amb la màxima càrrega, en Newtons.

L'última equació necessària, s'obté del càlcul del pes del cos i la càrrega màxima tal i com es mostra en l'**Eq.5**:

$$P = m_T \cdot g \quad (\mathbf{Eq.5})$$

On:

$P$ : Pes del cos carregat amb la màxima càrrega, en Newtons.

$m_T$ : Massa total del cos (180 kg) més la càrrega màxima (1.200 kg), tenint així un total de 1.380 kg.

$g$ : Acceleració de la gravetat, considerada com 9,81 m/s<sup>2</sup>.

Resolent el sistema d'equacions format per les equacions **Eq.1**, **Eq.2**, **Eq.4** i **Eq.5**, s'obtenen els següents resultats:

$$N_1 = 518,53 \text{ N}$$

$$N_2 = 392,08 \text{ N}$$

$$Ff_s = -43,02 \text{ N}$$

A més, havent trobat el valor de les forces, ha estat possible calcular el coeficient de fricció estàtica que es té en aquets situació, per tal de poder-lo comparar amb el de la fricció entre fusta i fusta, i així saber si els resultats concorden amb el material triat. Això, s'ha realitzat mitjançant l'**Eq.6**:

$$\mu_s = \frac{Ff_s}{N_1} \quad (\text{Eq. 6})$$

On:

$\mu_s$ : Coeficient de fricció estàtica en la fricció de les superfícies 1, de cadascuna de les lleves del cos amb les corresponents de la guia (adimensional).

$N_1$ : Força normal en la superfície 1 de cadascuna de les lleves del cos, en Newtons.

$Ff_s$ : Força de fricció estàtica en la superfície 1 de cadascuna de les lleves del cos, en Newtons.

Obtenint com a resultat:

$$\mu_s = 0,07375$$

#### 2.1.4 Anàlisi dels resultats obtinguts

Amb els resultats obtinguts es possible extreure una sèrie de conclusions, sobre la situació del dispositiu quan està en equilibri:

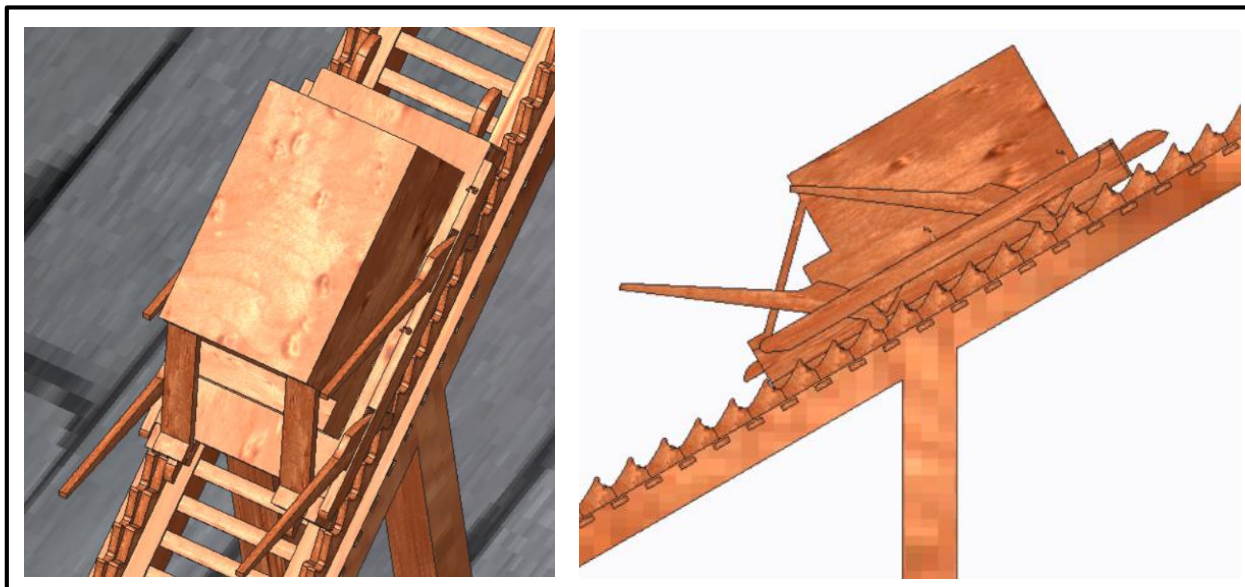
- Tant la força normal 1, com la força normal 2 tenen símbol positiu, això demostra que les suposicions de les direccions i sentits d'aquestes forces que s'han fet en els diagrames de cos lliure de les lleves són correctes. Per tant, en les condicions de màxima càrrega es demostra que existeix un contacte total entre les lleves i que el cos es recolza per si mateix sobre les guies.
- Un símbol negatiu en les forces normals, implicaria que el cos perd el contacte en una o en les dos superfícies sobre les que recolza, i que per tant el cos cau o bolca, cosa que faria necessària l'aparició de forces en el sentit contrari a les representades, per tal de mantenir el cos pegat a la guia. Com aquest no és el cas, es pot assegurar que el cos recolza en equilibri sobre la guia sense cap força, apart de la del seu pes.
- La força de fricció estàtica obtinguda, té un símbol negatiu, cosa que es favorable ja que mostra que el cos llisca estàticament en el sentit contrari en el que s'ha representat. La suposició feta en el diagrama de cos lliure de les lleves, es fa en el cas més crític en que la força de fricció estàtica ajuda al cos a que es mantingui en equilibri, empenyent-lo cap a les lleves de la guia. El fet de que el resultat obtingut sigui en el sentit oposat del que s'ha suposat, acaba confirmant que el cos no caurà en cap dels casos estant en equilibri, ja que indica que aquesta fricció no necessita ajudar al cos per a que es mantingui en equilibri per ell mateix.
- El coeficient de fricció estàtica obtingut confirma que la situació plantejada pot ocórrer amb un mecanisme en que el lliscament es produeixi entre fusta i fusta. Es sap que el coeficient de fricció estàtica màxim de la fricció entre fusta i fusta, és de 0,7. El resultat obtingut no supera aquest valor màxim, per tant es confirma que es possible que s'estigui treballant amb fusta.
- Les forces obtingudes en un principi no semblen excessivament grans per a les lleves de fusta, i sempre que es treballi a favor de les fibres d'aquest material, és possible suportar les càrregues sense una excessiva deformació. Tot i això és necessari realitzar un anàlisi de les lleves amb aquestes càrregues obtingudes, per conèixer la deformació real i establir el nivell de seguretat del sistema, però aquest anàlisi no correspon a aquest projecte, per tant es considera que no es produiran problemes amb el disseny i material triats.

## 2.2 Annex II: Anàlisi dinàmic del mecanisme

### 2.2.1 Introducció

Aquest Annex inclou l'anàlisi de les diferents forces aplicades sobre el cos del dispositiu, quan aquest es aixecat per tal de superar una lleva, mitjançant l'aplicació de forces en les palanques. D'aquesta manera es volen obtenir les reaccions de les lleves sobre les que es mou el cos per tal de comprovar que no siguin forces excessives que puguin deformar-les. A més també es vol assegurar, que amb la màxima càrrega que ha de pujar el dispositiu, no es produeix una caiguda del cos, ja sigui per que el cos patini de les lleves, o bé per que la càrrega aplica una força sobre la safata que pot causar un moment que faci bolcar el cos.

Per tal de realitzar l'anàlisi dinàmic del dispositiu, s'han fet una sèrie de suposicions degut a la complexitat del perfil de les lleves del cos que estan en contacte amb les lleves de la guia. Aquestes suposicions s'han especificat en els següents apartats d'aquest Annex, a mesura que es realitza l'explicació dels càlculs realitzats.



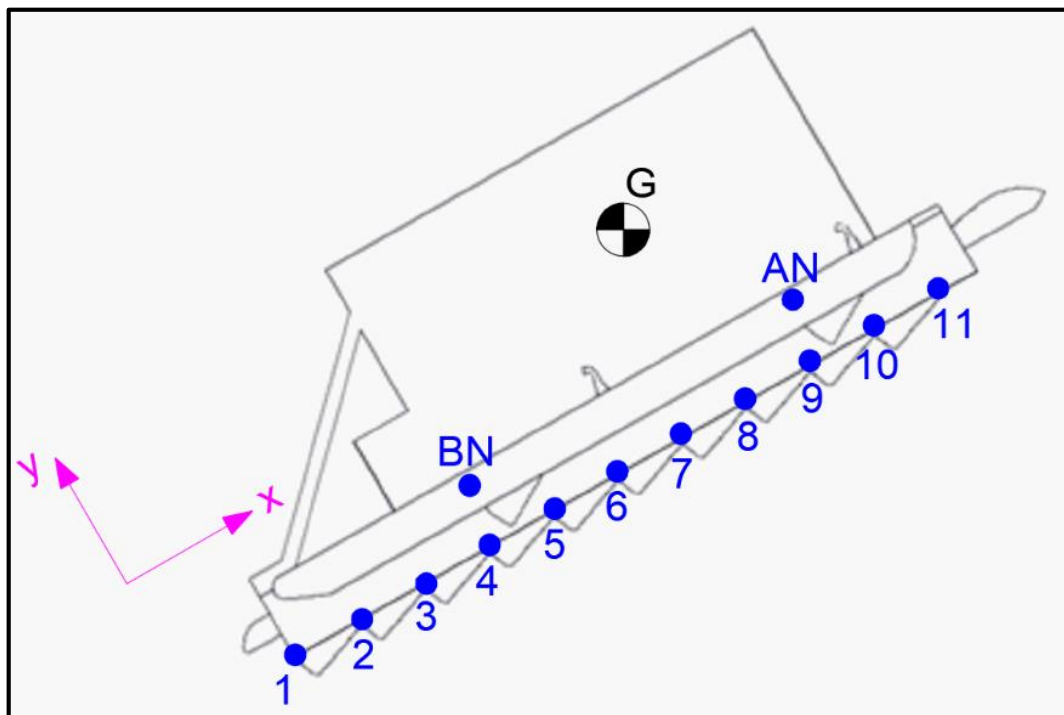
*Fig. 2.7 Situació del cos estudiada en l'anàlisi dinàmic d'aquest Annex.*

### 2.2.2 Determinació de punts i distàncies necessàries en els càlculs

Degut a les diferents forces que apareixen en cada lleva, ha estat necessari establir una sèrie de punts en els que es tindran aplicades les resultants d'aquestes forces, tal i com es podrà veure en els diagrames de cos lliure dels següents apartats. Aquests punts corresponen als punts blaus de l'1 fins al 11 que es poden observar en la **Fig.2.8**. A més dels punts que delimiten les lleves, també es tenen forces en els contactes entre la palanca i l'orella del cos, per tant s'han determinat una sèrie de punts en funció del gir de la palanca, que s'han representat com els AN i BN (on la "N" fa referència al número del punt que correspon a un cert angle girat) en la **Fig.2.8**.

A més, també ha estat necessari establir el centre de gravetat (G), per tal de poder fer-lo servir en els càlculs com a referència sobre el que realitzar el sumatori de moments del cos, de manera que també s'ha obtingut a partir del disseny virtual del cos, la distància de cadascun dels punts de les lleves al centre de gravetat del cos, tant en l'eix x com en l'eix y, d'acord al sistema de referència que es pot observar en la **Fig2.8** que correspon amb la posició de treball del cos a 30°.

Cal aclarir, que la posició del centre de gravetat que s'ha obtingut, és tenint el cos carregat amb el màxim pes, definit en els requeriments, de 1.200 kg.

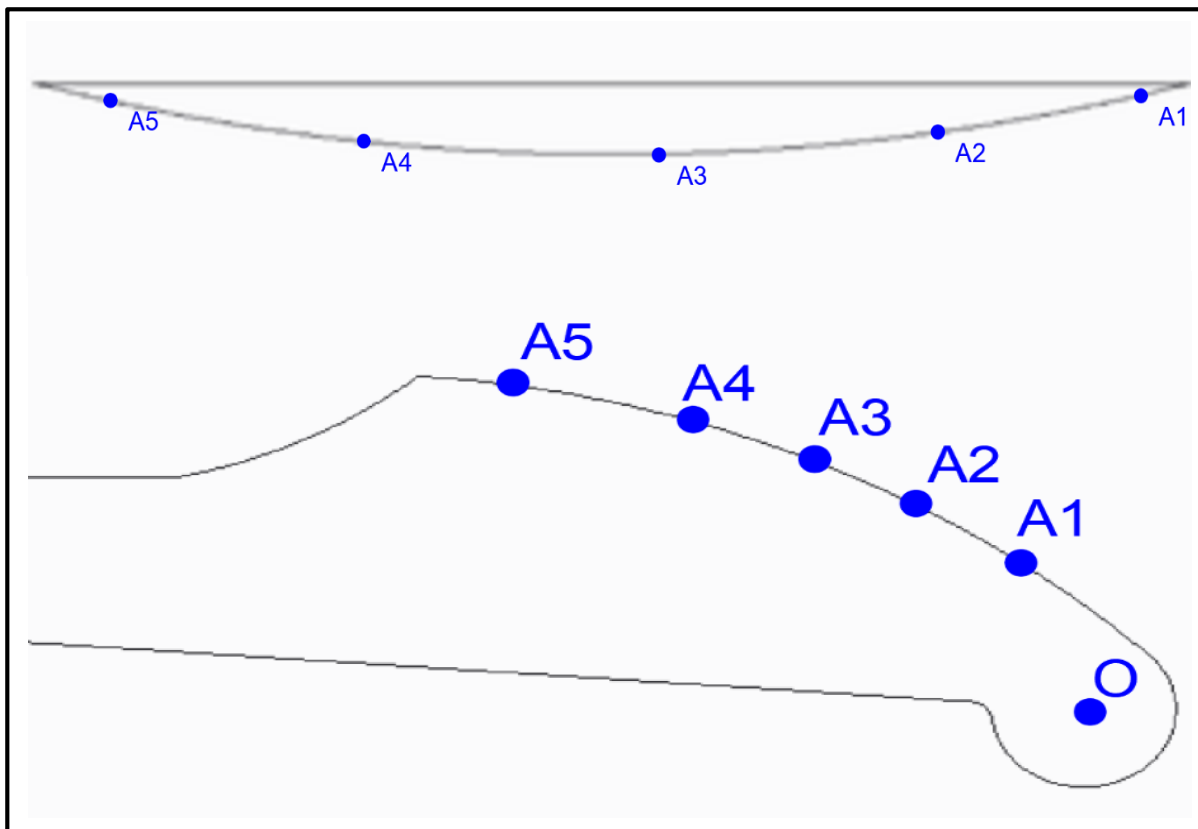


*Fig. 2.8 Esquema de la localització dels punts, grup de punts i del centre de gravetat (G) del cos amb càrrega màxima, en la posició de treball del mecanisme a 30°.*

Com s'ha dit anteriorment, s'han representat un conjunt de punts del contacte entre les orelles del cos i la palanca ja que a mesura que la palanca va girant, el punt de contacte amb l'orella també va canviant. Així doncs amb l'ajuda del modelat virtual del mecanisme, s'han pogut determinar un total de 5 punts per al contacte amb cada forat de l'orella (el contacte superior correspon als punts del grup AN i el contacte inferior correspon als punts del grup BN).

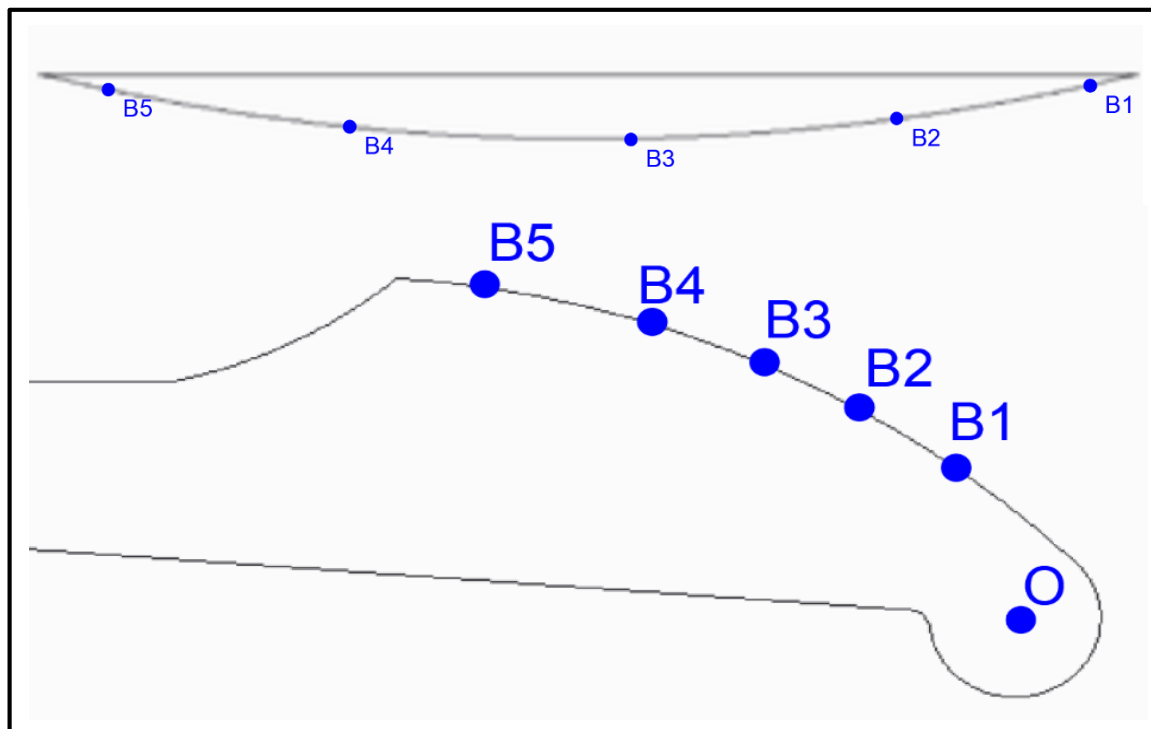
Aquests 5 punts corresponen a diferents posicions de la peça de contacte de l'orella amb la palanca, de manera que es distribueixen per la superfície d'aquestes tal com es mostra en les figures **Fig.2.9** i **Fig.2.10**. Per tant, gràcies al modelat virtual del contacte, ha estat possible determinar la posició dels punts respecte al sistema de referència format per els eixos x i y, que es mostren en la **Fig.2.8**, i així poder determinar les distàncies necessàries de cada punt al centre de gravetat del cos (G), per poder relacionar el moment, provocat per les forces de contacte entre palanca i orella, amb el sumatori de moments respecte el centre de gravetat del cos.

Les distàncies obtingudes dels punts de l'1 al 11, són les mateixes que les de la **Taula 1**, que es troba en l'**Annex I**. Les distàncies de cadascun dels punts que formen els grups AN i BN, es poden trobar en la **Taula 2** i la **Taula 3**, d'aquest Annex.



**Fig. 2.9** Localització i posició dels punts del grup AN, en el contacte del forat superior d'una de les orelles del cos, amb la palanca elevadora. En la part superior es pot observar el perfil corbat de l'orella que fa contacte amb la palanca.





**Fig. 2.10** Localització i posició dels punts del grup BN, en el contacte del forat inferior d'una de les orelles del cos, amb la palanca elevadora. En la part superior es pot observar el perfil corbat de l'orella que fa contacte amb la palanca.

Cal aclarir que els punts dels grups AN i BN corresponen als següents angles girats per la palanca, des de que fa contacte la palanca amb el cos, fins que el cos queda enclavat a les lleves:

$$A1 \text{ i } B1 \rightarrow 7^\circ$$

$$A2 \text{ i } B2 \rightarrow 15^\circ$$

$$A3 \text{ i } B3 \rightarrow 35^\circ$$

$$A4 \text{ i } B4 \rightarrow 50^\circ$$

$$A5 \text{ i } B5 \rightarrow 70^\circ$$

*\*Tots els angles són mesurats, agafant com a referència la posició horitzontal de la palanca.*



**Taula 2** Resum de les distàncies del centre de gravetat, a cadascun dels punts de contacte cos-palanca, que formen el grup AN, obtingudes a partir de les coordenades en l'eix X i Y del centre de gravetat i dels punts, respecte els eixos de referència mostrats en la Fig2.8.

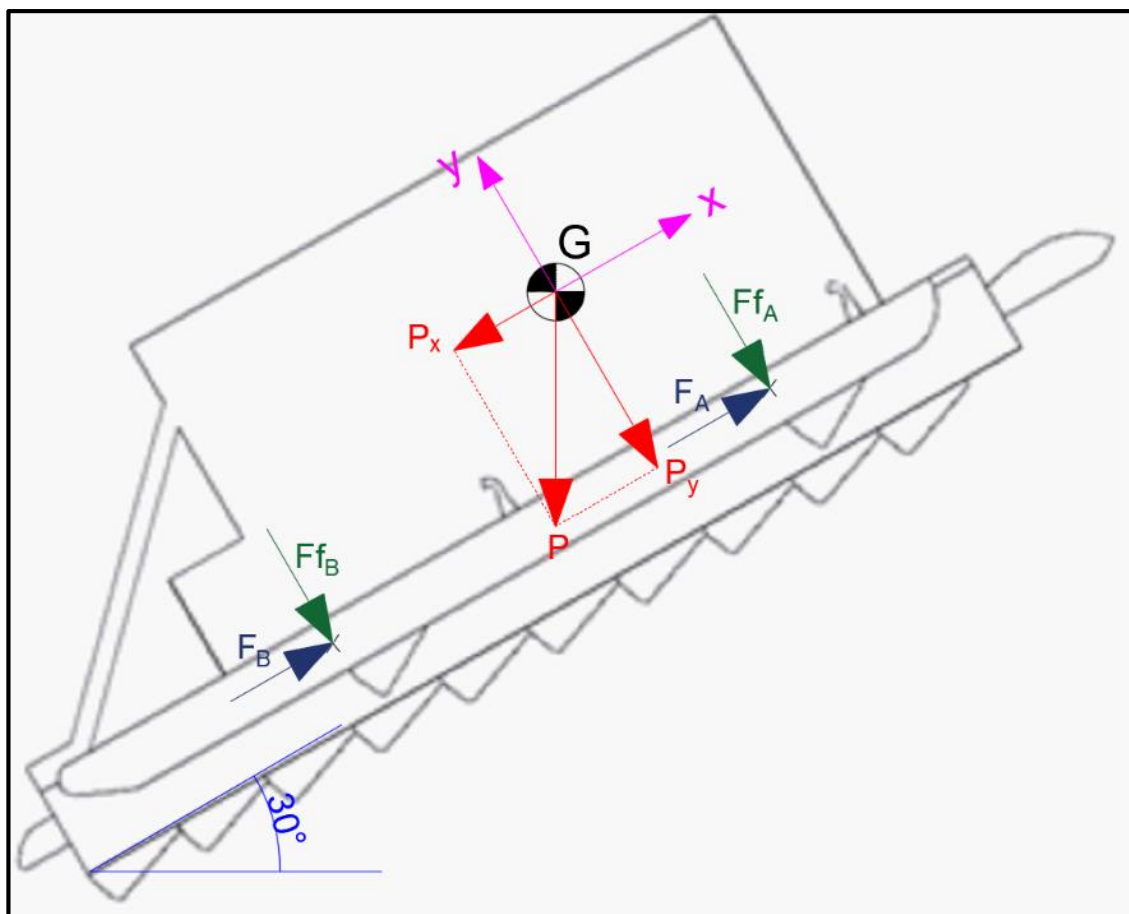
Distància del centre de gravetat (G) del cos-càrrega a cadascun dels punts del grup AN en les coordenades X i Y (cm)									
Punt	Coordenada X (cm)	Coordenada Y (cm)	Distància relativa G - Punt X (cm)	Distància relativa G - Punt Y (cm)	Nomenclatura distància X	Distància valor absolut X (cm)	Nomenclatura distància Y	Distància valor absolut Y (cm)	
G	151,9130	27,2219	0	0	-	0	-	0	
A1	180,9880	-9,00	-29,075	36,2219	$(d_{G,A1})_x$	29,0750	$(d_{G,A1})_y$	36,2219	
A2	180,9880	-6,50	-29,075	33,7219	$(d_{G,A2})_x$	29,0750	$(d_{G,A2})_y$	33,7219	
A3	180,9880	-4,00	-29,075	31,2219	$(d_{G,A3})_x$	29,0750	$(d_{G,A3})_y$	31,2219	
A4	180,9880	-1,50	-29,075	28,7219	$(d_{G,A4})_x$	29,0750	$(d_{G,A4})_y$	28,7219	
A5	180,9880	1,00	-29,075	26,2219	$(d_{G,A5})_x$	29,0750	$(d_{G,A5})_y$	26,2219	

**Taula 3** Resum de les distàncies del centre de gravetat, a cadascun dels punts de contacte cos-palanca, que formen el grup BN, obtingudes a partir de les coordenades en l'eix X i Y del centre de gravetat i dels punts, respecte els eixos de referència mostrats en la Fig2.8.

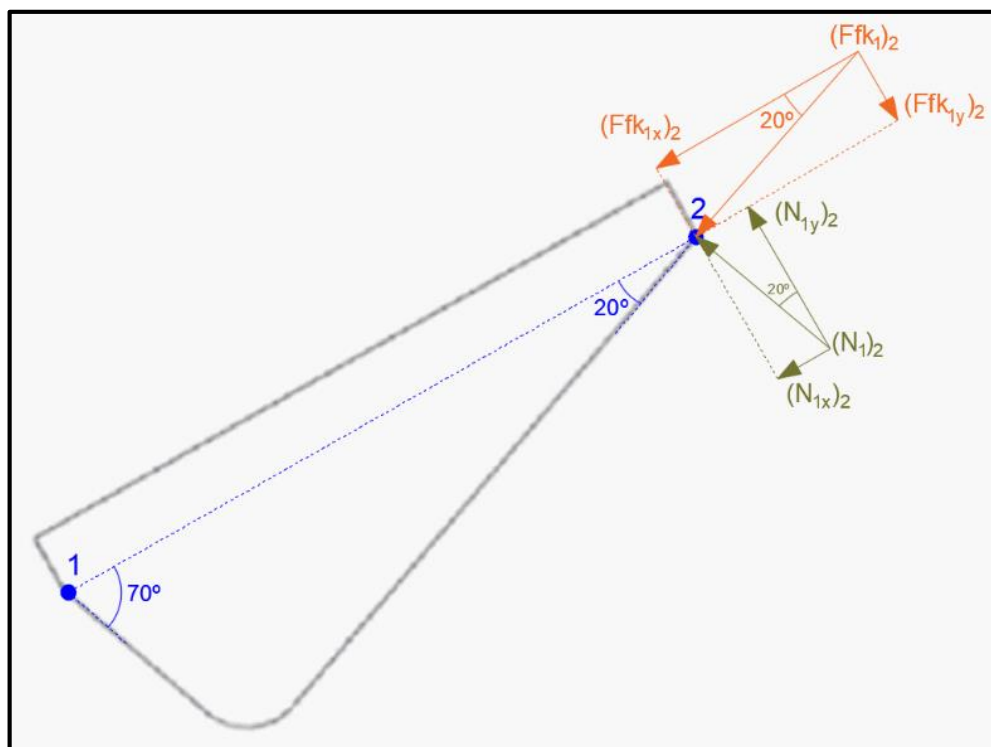
Distància del centre de gravetat (G) del cos-càrrega a cadascun dels punts del grup BN en les coordenades X i Y (cm)										
Punt	Coordenada X (cm)	Coordenada Y (cm)	Distància relativa G - Punt X (cm)	Distància relativa G - Punt Y (cm)	Distància relativa G - Punt X (cm)	Distància relativa G - Punt Y (cm)	Nomenclatura distància X	Distància valor absolut X (cm)	Nomenclatura distància Y	Distància valor absolut Y (cm)
G	151,9130	27,2219	0	0	0	0	-	0	-	0
B1	90,9877	-9,00	60,9253	36,2219			$(d_{GB1})_x$	60,9253	$(d_{GB1})_y$	36,2219
B2	90,9877	-6,50	60,9253	33,7219			$(d_{GB2})_x$	60,9253	$(d_{GB2})_y$	33,7219
B3	90,9877	-4,00	60,9253	31,2219			$(d_{GB3})_x$	60,9253	$(d_{GB3})_y$	31,2219
B4	90,9877	-1,50	60,9253	28,7219			$(d_{GB4})_x$	60,9253	$(d_{GB4})_y$	28,7219
B5	90,9877	1,00	60,9253	26,2219			$(d_{GB5})_x$	60,9253	$(d_{GB5})_y$	26,2219

### 2.2.3 Càlcul de les forces de contacte i friccions

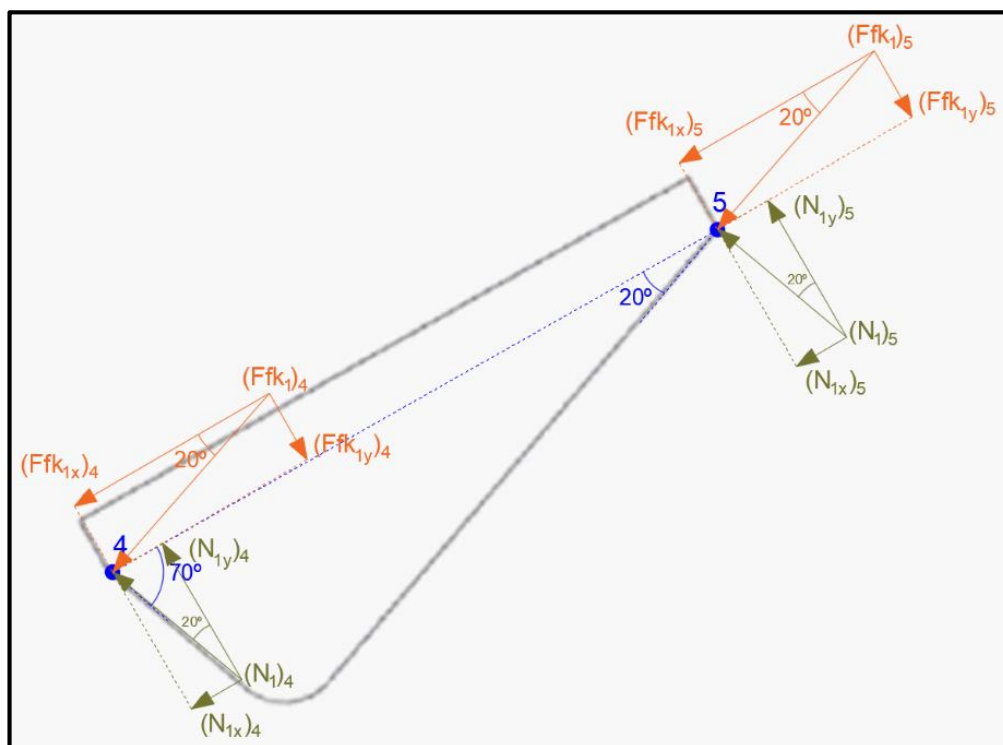
Per tal de calcular les diferents forces de contacte i les friccions que afecten al sistema, ha estat necessari realitzar un diagrama de cos lliure del cos del dispositiu, tal i com es mostra en la **Fig.2.11**, així com vistes en detall de les forces que actuen en les lleves del cos, segons la posició d'aquestes, tal i com es mostra en la **Fig.2.12**, **Fig.2.13**, **Fig.2.14** i **Fig.2.15** (s'han fet en diverses figures per tal de que sigui més comprensible, tot i que totes les forces mostrades en les imatges formen part del mateix cos).



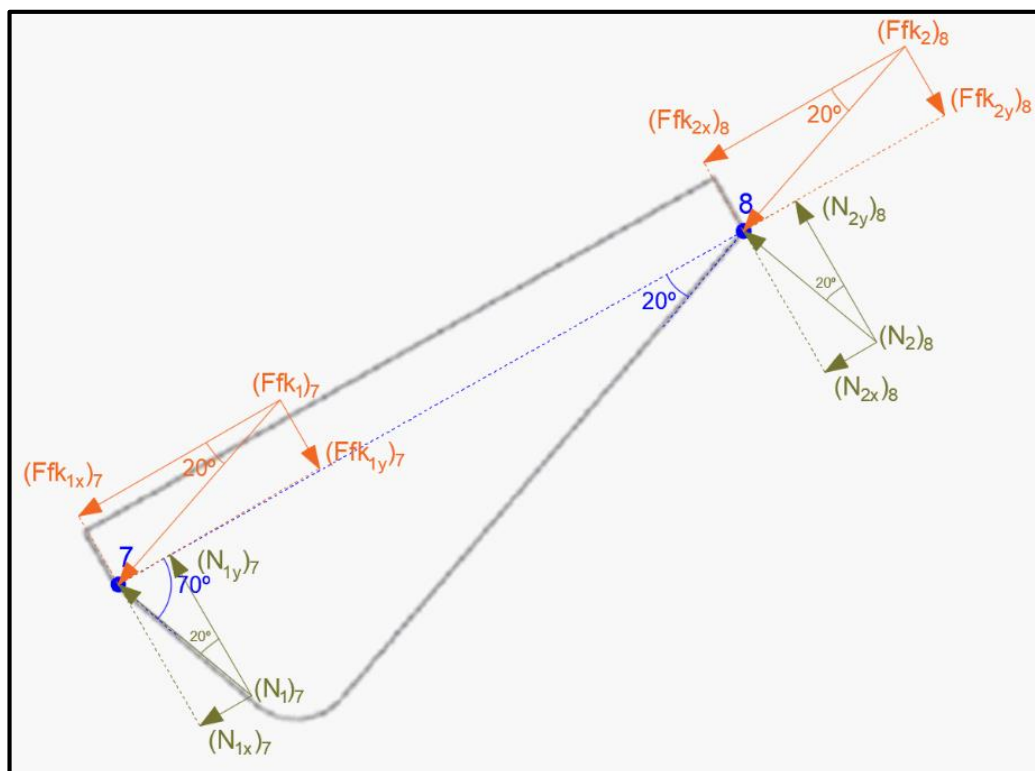
**Fig. 2.11** Esquematització de les forces que afecten al cos de manera general. Com es pot veure es té el pes, el qual està aplicat en el centre de gravetat de la peça, a més de les forces de contacte de la palanca amb els orificis de l'orella del cos. Les forces de contacte i fricció de les lleves s'han representat en altres figures degut a la gran quantitat que existeix d'aquestes.



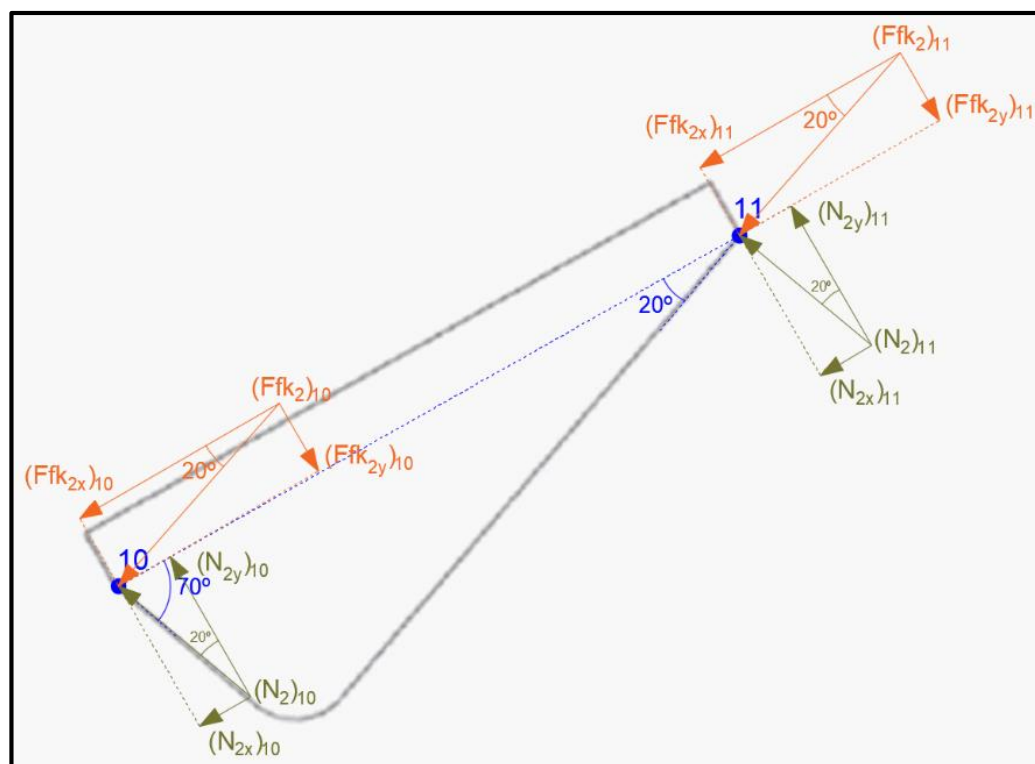
**Fig. 2.12** Detall de les forces aplicades en el punt 2. Tots els punts del 2 al 7 tenen les forces mostrades en el punt 2, ja que són punt per sota del centre de gravetat del cos, i es consideren reaccions diferents. Es pot veure que el punt 1 no té forces aplicades ja que al ser el primer punt de la sèrie de lleves, no té contacte amb cap superfície.



**Fig. 2.13** Detall de les forces aplicades en els punts 4 i 5. Com es pot veure, els dos punts tenen les mateixes reaccions, ja que els dos formen part del rang de punts del 2 al 7, que es troben per sota del centre de gravetat, i per tant, considerats amb les mateixes reaccions.



**Fig. 2.14** Detall de les forces aplicades en els punts 7 i 8 . Com es pot veure cada punt té unes forces diferents, ja que el punt 7 és l'últim punt de la sèrie de lleves que es troba per sota del centre de gravetat, mentre que el punt 8 és el primer que es troba per sobre. Per tant, és a partir d'aquesta lleva que la resta de punts per sobre del 8 es consideren amb diferents reaccions a les que es tenen del punt 2 al 7.



**Fig. 2.15** Detall de les forces aplicades en els punts 10 i 11. Com es pot veure, els dos punts tenen les mateixes reaccions, ja que els dos formen part del rang de punts del 8 al 11, que es troben per sobre del centre de gravetat, i per tant, considerats amb les mateixes reaccions.



En la **Fig.2.12**, **Fig.2.13**, **Fig.2.14** i **Fig.2.15** es mostren les forces que apareixen al realitzar els sumatoris de forces i moments, per tal de conèixer si existeix el contacte entre cos i guia al llarg de tota l'elevació, de manera que el cos no caigui o bolqui. En la **Fig.2.11** s'ha representat el pes del cos aplicat en el centre de gravetat que es té amb el cos carregat a màxima càrrega de 1.200 kg. A més s'han indicat les forces de fricció i de contacte, produïdes al aplicar força a la palanca per part de l'operari, i empènyer el cos a través de les orelles. Com es pot veure, els eixos x i y representats, s'han pres com a referència per descompondre cadascuna de les forces, i a més s'han situat en el centre de gravetat, per utilitzar aquest punt com a referència del sumatori de moments del cos.

Les forces de la **Fig.2.11** no són les úniques que es tenen, ja que degut al contacte entre les llesves **Tipus-II** del cos i de la guia, apareixen dos contactes corresponents a la força normal 1 i la força normal 2, a més d'una força de fricció dinàmica 1, i una força de fricció dinàmica 2. S'ha realitzat aquesta distinció de forces ja que s'ha considerat que les reaccions en les llesves que es trobin en una posició per sota del centre de gravetat (G) del cos carregat, són diferents que les que es tenen per sobre del mateix, per aquest motiu s'han representat en diverses figures com són la **Fig.2.12**, **Fig.2.13** i **Fig.2.14** i **Fig.2.15**. Les resultants d'aquestes forces de contacte i fricció s'han situat en els punts localitzats d'acord a la **Fig.2.8**, ja que es creu que són punts dels extrems de la superfície en contacte amb la guia, de cadascuna de les llesves, on es més crític tenir aquestes forces, cosa que pot suposa la caiguda o bolcament del cos.

S'ha considerat que tant la força normal 1 i força de fricció dinàmica 1 actuen igual en tots els punts del 2 al 7, mentre que la força normal 2 i força de fricció dinàmica 2 actuen igual en tots els punts del 8 al 11, de manera que s'han realitzat les següents simplificacions:

$$N_1 = (N_1)_2 = (N_1)_3 = (N_1)_4 = (N_1)_5 = (N_1)_6 = (N_1)_7$$

$$Ff_{k1} = (Ff_{k1})_2 = (Ff_{k1})_3 = (Ff_{k1})_4 = (Ff_{k1})_5 = (Ff_{k1})_6 = (Ff_{k1})_7$$

$$N_2 = (N_2)_8 = (N_2)_9 = (N_2)_{10} = (N_2)_{11}$$

$$Ff_{k2} = (Ff_{k2})_8 = (Ff_{k2})_9 = (Ff_{k2})_{10} = (Ff_{k2})_{11}$$

*\*On les components en cadascuna d'aquestes forces respecte els eixos de referència, també és igual en mòdul, direcció i sentit en tots els punts en que estan aplicades.*

A més també s'ha considerat que les forces que apareixen en el contacte de la palanca amb el cos són iguals tant en l'orifici superior (grup de punts AN), com en l'orifici inferior (grup de punts BN) de l'orella. D'aquesta manera s'han realitzat les següents simplificacions:

$$F_N = F_A = F_B$$

$$Ff_N = Ff_A = Ff_B$$

Fetes aquestes consideracions, ja es possible realitzar els càlculs corresponents, per tal de conèixer cadascuna de les forces normals i de fricció, i així determinar si són valors excessius, i sinó es produeix caiguda o bolcament del cos des de la guia. A partir de les equacions de dinàmica i altres relacions, s'ha realitzat un sistema d'equacions que permet conèixer el valor de totes les incògnites que es tenen.

Primerament s'han relacionat les forces de fricció dinàmiques 1 i 2 amb les forces normals, així com les forces de fricció del contacte palanca-cos, amb la força del contacte. Això es fa mitjançant les equacions **Eq.7**, **Eq.8** i **Eq.9**.

$$Ff_{k_1} = \mu_k \cdot N_1 \quad (\text{Eq. 7})$$

On:

$Ff_{k_1}$ : Força de fricció dinàmica dels punts de les lleves del 2 al 7, en Newtons.

$\mu_k$ : Coeficient de fricció dinàmica entre la fusta i la fusta, considerada de 0,4 (adimensional).

$N_1$ : Força normal del contacte entre lleves del cos i de la guia dels punts del 2 al 7, en Newtons.

$$Ff_{k_2} = \mu_k \cdot N_2 \quad (\text{Eq. 8})$$

On:

$Ff_{k_2}$ : Força de fricció dinàmica dels punts de les lleves del 8 al 11, en Newtons.

$\mu_k$ : Coeficient de fricció dinàmica entre la fusta i la fusta, considerada de 0,4 (adimensional).

$N_2$ : Força normal del contacte entre lleves del cos i de la guia dels punts del 8 al 11, en Newtons.

$$Ff_N = \mu_k \cdot F_N \quad (\text{Eq. 9})$$

On:

$Ff_N$ : Força de fricció dinàmica dels grups de punts AN i BN, en Newtons.

$\mu_k$ : Coeficient de fricció dinàmica entre la fusta i la fusta, considerada de 0,4 (adimensional).

$F_N$ : Força normal del contacte entre palanca i cos en els grups de punts AN i BN, en Newtons.

Coneixent aquestes relacions, s'ha obtingut l'**Eq.10** de realitzar el sumatori de forces respecte l'eix x. En aquesta equació s'han substituït les relacions obtingudes de les equacions **Eq.7**, **Eq.8** i **Eq.9**, ja que simplifica el sistema d'equacions ha realitzar. A més també cal considerar que es tenen lleves per els dos cantons del cos i que es fan servir 4 palanques en total, de manera que apareixen més forces de les representades anteriorment, corresponents a l'altre lateral del cos:

$$\sum F_x = m_T \cdot a_x$$

$$-12 \cdot (\mu_k \cdot \cos(20^\circ) + \sin(20^\circ) \cdot N_1 - 8 \cdot (\mu_k \cdot \cos(20^\circ) + \sin(20^\circ) \cdot N_2 + 4 \cdot F_N - m_T \cdot \cos(20^\circ) \cdot a = P \cdot \sin(30^\circ) \quad (\text{Eq. 10})$$

On:

$\mu_k$ : Coeficient de fricció dinàmica entre la fusta i la fusta, considerada de 0,4 (adimensional).

$N_1$ : Força normal en la superfície 1 de cadascuna de les lleves del cos, en Newtons.

$N_2$ : Força normal en la superfície 2 de cadascuna de les lleves del cos, en Newtons.

$F_N$ : Força normal del contacte entre palanca i cos en els grups de punts AN i BN, en Newtons.

$m_T$ : Massa total del cos (180 kg) més la càrrega màxima (1.200 kg), tenint així un total de 1.380 kg.

$a$ : Acceleració amb la que puja el cos al llarg de les lleves, en m/s<sup>2</sup>.

$P$ : Pes del cos carregat amb la màxima càrrega, en Newtons.

*\*El valor del pes s'ha calculat mitjançant l'Eq.5 de l'Annex I.*

Realitzant el sumatori de forces respecte l'eix y, s'ha obtingut l'**Eq.11**:

$$\sum F_y = m_T \cdot a_y$$

$$12 \cdot (-\mu_k \cdot \sin(20^\circ) + \cos(20^\circ) \cdot N_1 + 8 \cdot (-\mu_k \cdot \sin(20^\circ) + \cos(20^\circ) \cdot N_2 - 4 \cdot \mu_k \cdot F_N - m_T \cdot \sin(20^\circ) \cdot a = P \cdot \sin(30^\circ) \quad (\text{Eq. 11})$$

On:

$\mu_k$ : Coeficient de fricció dinàmica entre la fusta i la fusta, considerada de 0,4 (adimensional).

$N_1$ : Força normal en la superfície 1 de cadascuna de les lleves del cos, en Newtons.

$N_2$ : Força normal en la superfície 2 de cadascuna de les lleves del cos, en Newtons.

$F_N$ : Força normal del contacte entre palanca i cos en els grups de punts AN i BN, en Newtons.

$m_T$ : Massa total del cos (180 kg) més la càrrega màxima (1.200 kg), tenint així un total de 1.380 kg.

$a$ : Acceleració amb la que puja el cos al llarg de les lleves, en m/s<sup>2</sup>.

$P$ : Pes del cos carregat amb la màxima càrrega, en Newtons.

Del sumatori de moments en el centre de gravetat (G) del cos carregat, respecte l'eix z corresponent a l'eix perpendicular a l'eix x i y, i considerant el gir antihorari com a sentit positiu de gir, s'ha obtingut l'**Eq.12**. Cal aclarir que el sumatori es pot igualar a zero ja que el cos no té una acceleració angular perquè no realitza cap gir al llarg del seu desplaçament, sempre manté la mateixa posició a l'angle de treball de 30°:

$$\sum (M_G)_z = 0$$

$$2 \cdot (M_{N_1} + M_{F_{fk_1}} + M_{N_2} + M_{F_{fk_2}}) + M_{F_N} + M_{F_{fN}} = 0 \quad (\text{Eq. 12})$$

On:

$M_{N_1}$ : Resultant de moments produïts per la força normal 1 en cadascun dels punts aplicats, en Newtons per metre.

$M_{Ff_{k_1}}$ : Resultant de moments produïts per la força de fricció dinàmica 1 en cadascun dels punts aplicats, en Newtons per metre.

$M_{N_2}$ : Resultant de moments produïts per la força normal 2 en cadascun dels punts aplicats, en Newtons per metre.

$M_{Ff_{k_2}}$ : Resultant de moments produïts per la força de fricció dinàmica 2 en cadascun dels punts aplicats, en Newtons per metre.

$M_{F_N}$ : Resultant de moments produïts per la força del contacte entre palanca i cos en els grups de punts AN i BN, en Newtons per metre.

$M_{Ff_N}$ : Resultant de moments produïts per la força de fricció en el contacte entre palanca i cos en els grups de punts AN i BN, en Newtons per metre.

Degut a la llarga llista de forces que intervenen, s'ha estudiat cada resultant de moments de forma individual per tal de poder acabar substituint els termes obtinguts en l'**Eq.12**. Per això han estat necessàries les distàncies recollides en la **Taula 2** i la **Taula 3**:

$$M_{N_1} = N_1 \cdot \cos(20^\circ) \cdot [-(d_{G-2})_x - (d_{G-3})_x - (d_{G-4})_x - (d_{G-5})_x - (d_{G-6})_x - (d_{G-7})_x] +$$

$$N_1 \cdot \sin(20^\circ) \cdot [-(d_{G-2})_y - (d_{G-3})_y - (d_{G-4})_y - (d_{G-5})_y - (d_{G-6})_y - (d_{G-7})_y]$$

$$M_{N_1} = -4,14017 \cdot N_1$$

$$M_{Ff_{k_1}} = 0,4 \cdot \sin(20^\circ) \cdot N_1 \cdot [(d_{G-2})_x + (d_{G-3})_x + (d_{G-4})_x + (d_{G-5})_x + (d_{G-6})_x + (d_{G-7})_x] +$$

$$0,4 \cdot \cos(20^\circ) \cdot N_1 \cdot [-(d_{G-2})_y - (d_{G-3})_y - (d_{G-4})_y - (d_{G-5})_y - (d_{G-6})_y - (d_{G-7})_y]$$

$$M_{Ff_{k_1}} = -0,59053 \cdot N_1$$

$$M_{N_2} = N_2 \cdot \cos(20^\circ) \cdot [(d_{G-8})_x + (d_{G-9})_x + (d_{G-10})_x + (d_{G-11})_x] +$$

$$N_2 \cdot \sin(20^\circ) \cdot [-(d_{G-8})_y - (d_{G-9})_y - (d_{G-10})_y - (d_{G-11})_y]$$

$$M_{N_2} = 0,62278 \cdot N_2$$

$$M_{F_{fk_2}} = 0,4 \cdot \sin(20^\circ) \cdot N_2 \cdot [-(d_{G-8})_x - (d_{G-9})_x - (d_{G-10})_x - (d_{G-11})_x] +$$

$$0,4 \cdot \cos(20^\circ) \cdot N_2 \cdot [-(d_{G-8})_y - (d_{G-9})_y - (d_{G-10})_y - (d_{G-11})_y]$$

$$M_{F_{fk_2}} = -0,88620 \cdot N_2$$

Per al cas dels moments resultants de les forces de contacte entre palanca i cos, al no haver un punt concret, sinó que depenent de l'angle girat la distància al punt que es té de contacte varia, es fa servir la nomenclatura "N" per referir-se al punt de contacte d'un instant indefinit:

$$M_{F_N} = -4 \cdot (d_{G-N})_y \cdot F_N$$

$$M_{F_{fN}} = 0,8 \cdot [-(d_{G-AN})_x + (d_{G-BN})_x] \cdot F_N$$

D'aquesta manera es pot obtenir l'**Eq.13** amb les mateixes incògnites que es tenen en la resta d'equacions trobades:

$$-9,4614 \cdot N_1 - 0,53684 \cdot N_2 + [-4 \cdot (d_{G-N})_y + 0,8 \cdot [-(d_{G-AN})_x + (d_{G-BN})_x]] \cdot F_N = 0 \quad (\text{Eq. 13})$$

La resta d'equacions necessàries per realitzar el sistema es troben en l'estudi dels moments provocats per les forces en les palanques de gir. Primerament s'ha realitzat un diagrama de cos lliure de la palanca considerant que l'extrem circular de la palanca gira com si estigues completament fixat en el punt O. A més també s'ha considerat que el centre de gravetat (Gp) i la força aplicada per l'operari en la palanca, es troben en un radi del gir circular de la palanca, amb centre en O. S'ha fet així ja que es simplifiquen els càlculs i la distància real entre els punts d'aplicació del pes de la palanca en el centre de gravetat i la força que aplica l'operari, no és una distància significativa.



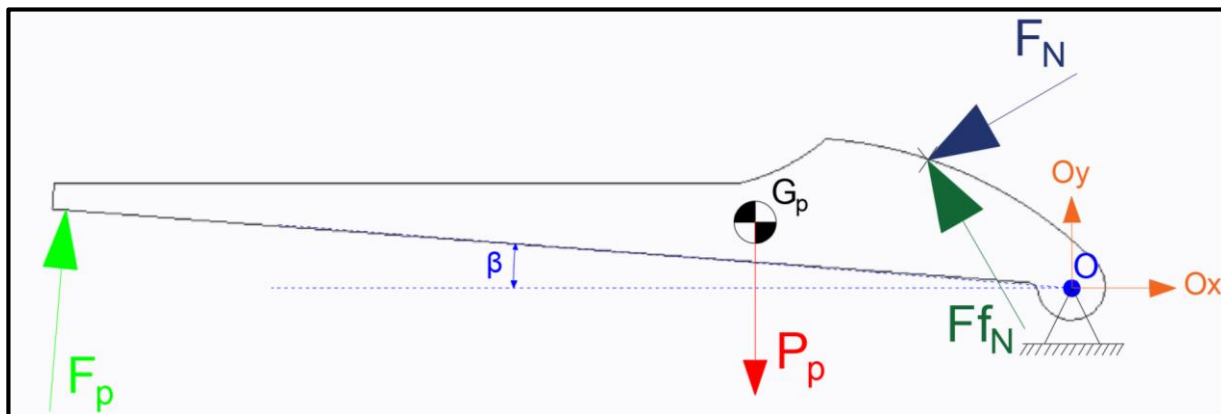


Fig. 2.16 Diagrama de cos lliure de la palanca.

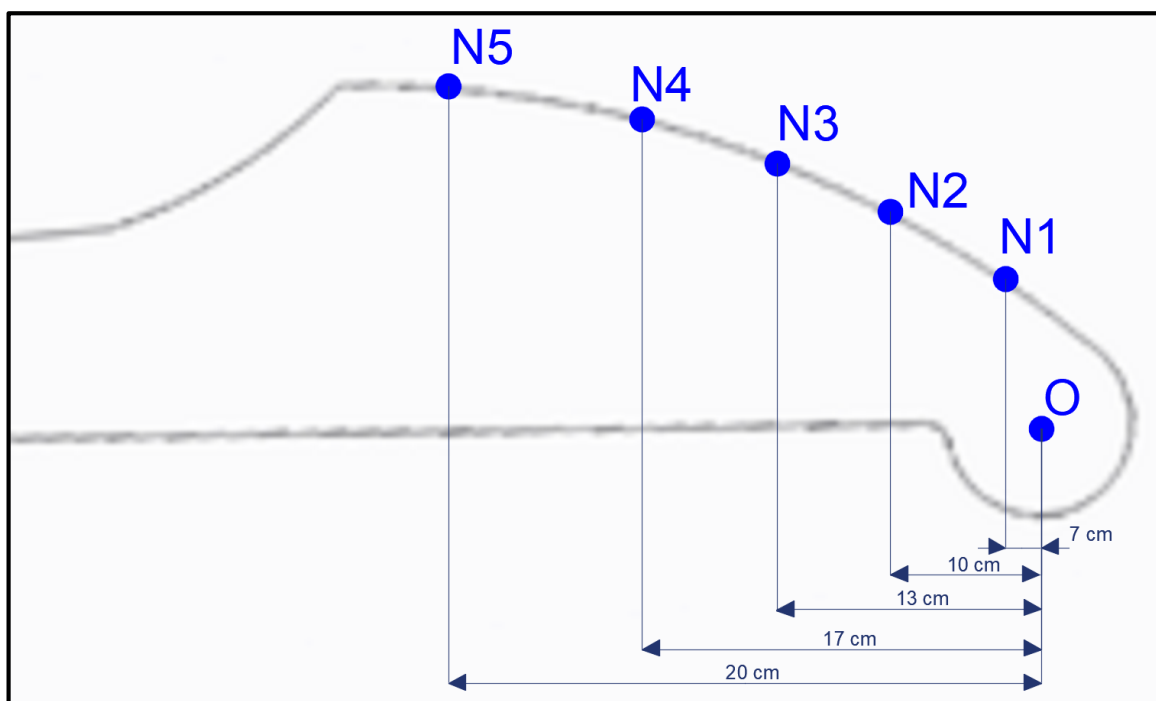


Fig. 2.17 Acotació de la distància "d<sub>1</sub>" utilitzada en l'equació de moments de la palanca, corresponent a la distància de cadascun dels punts del grup de punts AN i BN, al centre de gir O. Els punts s'han nomenat com N1, N2, N3, N4 i N5, ja que independentment que siguin del grup AN o BN, al estar en la mateixa posició en la palanca, estan a la mateixa distància del centre de gir. Amb aquestes distàncies es fa una simplificació com si la palanca es tractes com una barra rectangular, ja que els càlculs es simplifiquen i l'error provocat no és significatiu.

Realitzant el sumatori de moments respecte l'eix z, perpendicular als eixos x i y utilitzats en els sistema de referència del cos, en el punt O, s'obté l'Eq.14:

$$\sum (M_O)_z = -(I_O)_z \cdot \alpha_p$$

$$d_1 \cdot [\sin(150 - \beta) - \mu_k \cdot \sin(120 + \beta)] \cdot F_N - d_3 \cdot \sin(90^\circ) \cdot F_p + d_2 \cdot \sin(90 - \beta) \cdot P_p = -(I_O)_z \cdot \alpha_p \quad (\text{Eq. 14})$$

On:

$\mu_k$ : Coeficient de fricció dinàmica entre la fusta i la fusta, considerada de 0,4 (adimensional).

$d_1$ : Distància del punt O al punt de contacte entre palanca i cos dels punts dels grups AN o BN segons l'angle girat, en metres. Aquestes distàncies es mostren en la **Fig.2.17**.

$d_2$ : Distància de 0,45 metres del punt O al centre de gravetat de la palanca, obtingut del modelat virtual de la palanca.

$d_3$ : Distància de 1,2 metres del punt O a l'altre extrem de la palanca, obtingut del modelat virtual de la palanca.

$\beta$ : Angle girat per la palanca que va de  $7^\circ$  a  $70^\circ$  respecte la posició horitzontal de la mateixa.

$F_N$ : Força normal del contacte entre palanca i cos en els grups de punts AN i BN, en Newtons.

$F_p$ : Força que realitza l'operari sobre la palanca, per tant, d'acord als requeriments s'ha suposat que el valor de aquesta força és de 300 N.

$P_p$ : Pes del de la palanca aplicat al centre de gravetat d'aquesta, en Newtons.

$(I_O)_z$ : Moment d'inèrcia, de  $0,558 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$ , de la palanca en el punt O respecte l'eix z (eix perpendicular al eix x i y), obtingut del modelat virtual de la palanca.

$\alpha_p$ : Acceleració angular de la palanca, en  $\text{rad/s}^2$ .

El pes de la palanca es calcula tal i com es mostra en l'**Eq.15**:

$$P_p = m_p \cdot g \quad (\text{Eq. 15})$$

On:

$P_p$ : Pes de la palanca, en Newtons.

$m_p$ : Massa de la palanca de 1,82 kg.

$g$ : Acceleració de la gravetat, considerada com  $9,81 \text{ m/s}^2$ .

L'acceleració angular de la palanca es pot calcular a partir de l'**Eq.16**, corresponent a l'estudi de l'acceleració en el punt de contacte entre els dos sòlids:

$$\alpha_p = \frac{a}{d_1 \cdot \cos(\theta)} \quad (\text{Eq. 16})$$

On:

$\alpha_p$ : Acceleració angular de la palanca, en rad/s<sup>2</sup>.

$a$ : Acceleració lineal del cos.

$d_1$ : Distància del punt O al punt de contacte entre palanca i cos dels punts dels grups AN o BN segons l'angle girat, en metres. Aquestes distàncies es mostren en la **Fig.2.17**.

$\theta$ : Angle, en graus, entre l'acceleració de la palanca i l'acceleració en el punt de contacte. Els valors d'aquest angle es mostren en la **Taula 4**. L'acceleració normal de la palanca s'ha negligit degut a la poca velocitat amb la que gira, i només es considera l'acceleració tangencial, com a acceleració.

Realitzat aquest procediment, ja es possible establir un sistema d'equacions amb l'**Eq.10**, l'**Eq.11**, l'**Eq.13** i l'**Eq.14**, de manera que es tenen 4 equacions i 4 incògnites, i a partir de les 4 incògnites resoltes és possible calcular la resta de forces relacionades a les mateixes. Els resultats obtinguts de les forces desconegudes per a diferents angles girats per la palanca, es recullen en la **Taula 4**:

**Taula 4** Resum dels resultats obtinguts de les forces desconegudes, en els diferents punts de contacte i per diferents angles de gir.

Punt de contacte	$\beta$ (°)	$\theta$ (°)	$N_1$ (N)	$N_2$ (N)	$F_N$ (N)	$a$ (m/s <sup>2</sup> )	$Ff_{k1}$ (N)	$Ff_{k2}$ (N)	$Ff_N$ (N)
A1/B1	7	28	524,64	3.153,68	7.947,95	10,11	209,86	1.261,47	3.179,18
A2/B2	15	26	470,66	2.598,99	6.177,04	6,52	188,26	1.039,60	2.470,82
A3/B3	35	19	386,40	1.733,27	3.413,13	2,79	154,56	693,31	1.365,25
A4/B4	50	20	351,83	1.378,06	2.279,06	0,35	140,73	551,22	911,62
A5/B5	70	23	333,86	1.193,35	1.689,36	0,21	133,54	477,34	675,74

#### 2.2.4 Anàlisi dels resultats obtinguts

Amb els resultats obtinguts es possible extreure una sèrie de conclusions, sobre la situació del dispositiu quan s'està realitzant l'elevació de la càrrega:

- Les forces normals 1 i 2 obtingudes tenen signe positiu en tots el angles en que gira la palanca. Això indica que al llarg de tot el gir, és a dir, de tota l'elevació del cos, les lleves d'aquest estan en contacte amb la guia, i per tant el cos no cau ni bolca.
- Les forces de fricció dinàmiques 1 i 2 tenen signe positiu, això indica que la suposició del sentit que segueixen coincideix amb el real. Òbviament, si el cos puja cap a dalt de les lleves, és lògic que la força de fricció en aquestes, s'oposi a l'elevació del cos, per tant el resultat era l'esperat. Si les forces de fricció tinguessin signe negatiu, indicarien que la força de fricció ha d'ajudar a pujar el cos, en comptes d'oposar-se al moviment d'aquest, i evidentment aquest seria un resultat erroni.
- El signe en les forces de fricció i contacte entre les palanques i el cos és positiu. Això confirma que segueixen el sentit representat, el qual és el correcte, i que el moviment que s'aconsegueix del cos és d'ascensió. Signes negatius en aquestes forces indicarien que el cos no pot pujar, o bé que hi ha algun error en el càlcul, però com aquest no és el cas és confirma que els resultats són correctes.
- En general les forces obtingudes són acceptables, tenint en compte la força aplicada per l'operari. Tot i això, seria necessari realitzar un anàlisi de la deformació de les diferents peces quan es tenen aquestes forces, per tal de confirmar que el mecanisme les pot suportar, i que no es produeix cap trencament o deformació en cap element.
- Les acceleracions obtingudes del cos per als diferents angles, demostren que a mesura que el cos va arribant al final del recorregut de la lleva, és va perdent acceleració. Això es confirma veient el valor de les forces del contacte entre palanques i cos, en que al principi del recorregut tenen valors més elevats que quan es va arribant al final.
- Les acceleracions obtingudes en els primers angles de gir, són lleugerament elevades, el motiu podia ser degut a l'acumulació de petits errors en les mesures de distàncies i dimensions dels diferents punts. Per aquests angles, d'acord a la simulació, es creu que l'acceleració hauria de ser més baixa, tot i això els resultats es donen per vàlids ja que no són valors excessivament grans.

---

## 2.3 ANNEX III: Càlcul de les forces, desplaçaments i girs l'estructura de la guia

### 2.3.1 Introducció

Cada vegada que el cos supera una lleva, aquest queda recolzat sobre la guia en equilibri, de manera que apareixen unes forces degudes a la reacció del pes del cos en tota l'estructura. En aquest Annex s'han calculat les forces axials, tallants i moments que es tenen en totes les barres que conformen l'estructura, a més també s'ha calculat el desplaçament i gir resultants d'aquestes forces, en l'estructura.

Degut al disseny de guia seleccionat, segons l'altura que es vulgui superar s'ha de fer servir diverses estructures amb diverses guies, de manera que s'ha estipulat una sèrie de dissenys per tal de poder superar altures de 4 m, 6 m, 8 m i 10 m. Per cadascuna de les altures es tenen diferències en el disseny de l'estructura, de manera que les forces que apareixen també són diferents. A més un dels factors més determinants és la longitud que té la guia, que evidentment serà més llarga, com major sigui la altura a superar, per tant les forces també canvien.

El càlcul de l'estructura per superar una alçada de 10 m, s'ha realitzat mitjançant el mètode analític i s'han comparat els resultats obtinguts a la simulació realitzada amb el programa "Barras V.2". Per als resultats de la resta d'alçades, s'han fet servir directament els resultats de la simulació, una vegada s'ha comprovat que el mètode analític ha funcionat per l'estructura per superar una alçada de 10 m.

Totes les estructures s'han estudiat considerant el cos com una única força que és el pes d'aquest, i que sempre està aplicat al mig de la longitud de la guia. S'ha triat aquesta posició ja que és la que està més allunyada dels dos extrems a la vegada, i per tant és la situació més crítica, ja que apareixen majors reaccions als dos extrems de la guia.

### 2.3.2 Anàlisi de l'estructura I: Elevació del cos de 10 metres

#### 2.3.2.1 Caracterització de l'estructura

Per tal de simplificar l'estructura realitzada i que sigui més senzill estudiar-la, s'ha transformat l'estructura dissenyada que es mostra en la **Fig.2.18**, en una estructura en que es divideix la guia principal en petits trams encastats en diversos nusos juntament amb els pilars, així com una simplificació dels recolzaments de la guia sobre el terra i la paret, com la que es mostra en la **Fig.2.19**.

Per tal de poder realitzar els càlculs es disposa d'una sèrie de dades relacionades amb el disseny i el material del mateix:

- Les longituds de cada tram, recollits en la **Taula 5**.
- El mòdul d'elasticitat de la fusta, considerat en la direcció radial:  $E = 2.300 \text{ N/mm}^2$
- El moment d'inèrcia de cadascun dels trams sense tenir en compte la seva massa:
  - En els trams de la guia:  $I_G = 2,858 \cdot 10^8 \text{ mm}^4$
  - En els pilars:  $I_P = 6,510 \cdot 10^8 \text{ mm}^4$
- Sabent que la massa total del cos amb la càrrega màxima és de 1.380 kg, s'ha aproximat el pes del cos, situat al centre de la guia, a una càrrega de 14 kN. El pes dels operaris no es considera, ja que no es troben sobre la guia, sinó que es troben en unes bastides als laterals del mecanisme.

Abans de realitzar cap càlcul s'ha de decidir quin tipus d'anàlisi realitzar a partir del grau de translacionalitat de l'estructura simplificada que es mostra en la **Fig.2.19**. El mètode de Cross és més efectiu en estructures amb grau de translacionalitat igual a zero, mentre que l'analític s'utilitza per graus de translacionalitat superiors a zero. Per tant el grau de translacionalitat d'aquesta estructura reticulada, es realitza mitjançant l'**Eq.17**.

$$GT = GL - C \quad (\text{Eq. 17})$$

On:

$GT$ : Grau de translacionalitat de l'estructura.

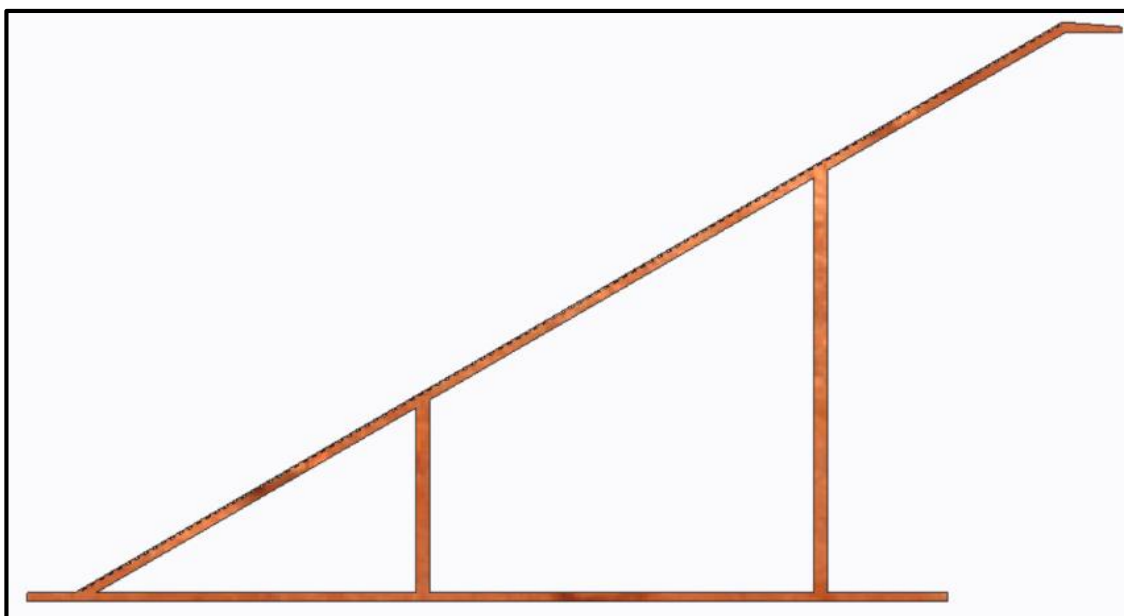
$GL$ : Graus de llibertat, que es compten com 3 per barra.

$C$ : Coaccions (eliminant els voladissos):

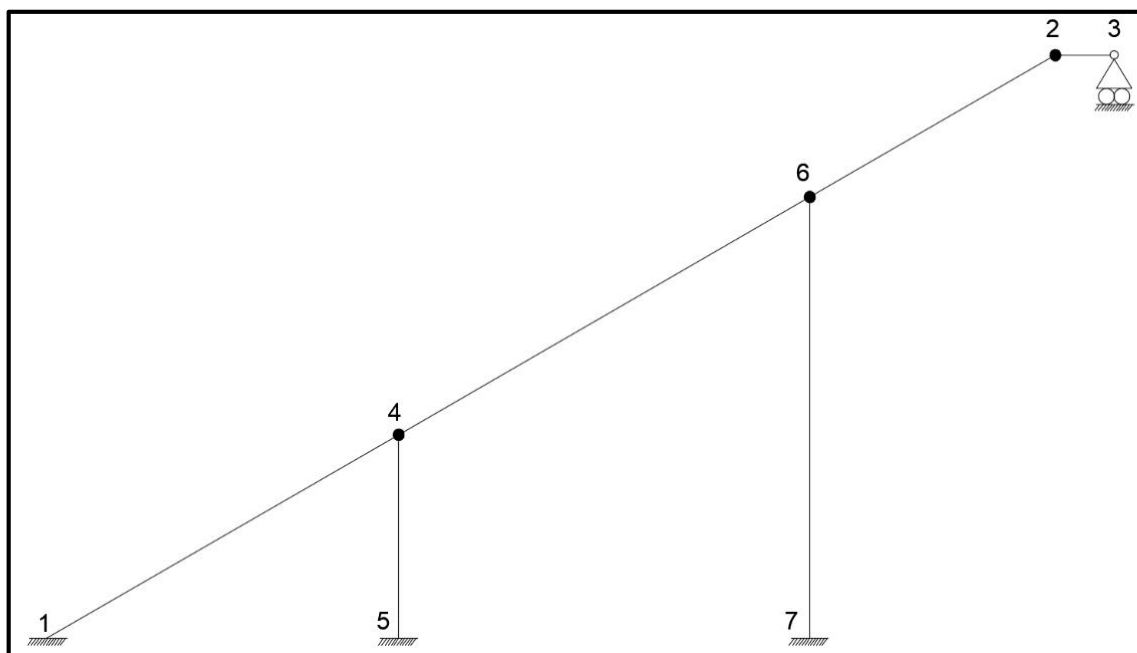
- $2 \cdot (n-1)$  per cada nus ( $n$  = número de barres que uneix).
- 2 per recolzament sense moviment en horitzontal i vertical.
- 1 recolzament sense moviment vertical o horitzontal.



El resultat obtingut és que l'estructura té únic grau de translacionalitat, per tant l'anàlisi s'ha realitzat mitjançant el mètode analític, que és més apte per estructures amb grau de translacionalitat superior a zero.



*Fig. 2.18 Vista del lateral de l'estructura de la guia utilitzada per elevar el cos a 10 m d'alçada.*



*Fig. 2.19 Simplificació de l'estructura de la guia. Es pot veure la divisió de la guia en diferents trams enllaçats pels nusos 4, 6 i 2, així com l'encastament dels pilars en els punts 5 i 7, i de l'extrem inferior de la guia amb el terra en el punt 1, així com l'extrem superior amb mobilitat horitzontal corresponent a la zona de recolzament amb la paret en el punt 3.*



*Taula 5 Longitud dels diferents trams o barres, en que s'ha dividit l'estructura.*

Barra	Nomenclatura	Longitud (m)
[1-4]	$L_{1-4}$	6,92
[2-3]	$L_{2-3}$	1,00
[2-6]	$L_{2-6}$	4,83
[4-5]	$L_{4-5}$	3,46
[4-6]	$L_{4-6}$	8,09
[6-7]	$L_{6-7}$	7,51

També és necessari identificar la distància del punt d'aplicació del pes del cos respecte diferents punts de referència, ja que es necessitarà tenir la càrrega localitzada en els càlculs. Per tant sabent que el pes està aplicat just al punt mig de la guia, s'obté que respecte el punt 1 el pes es troba a 9,92 m. A més, com també s'han d'estudiar cadascun dels trams per separat, és necessari identificar la distància a la que està el pes, respecte a un dels dos extrems de la barra en que està aplicada. Per tant, referenciant el pes respecte al nus 4, s'obté que la càrrega es troba a 3 m d'aquest extrem:

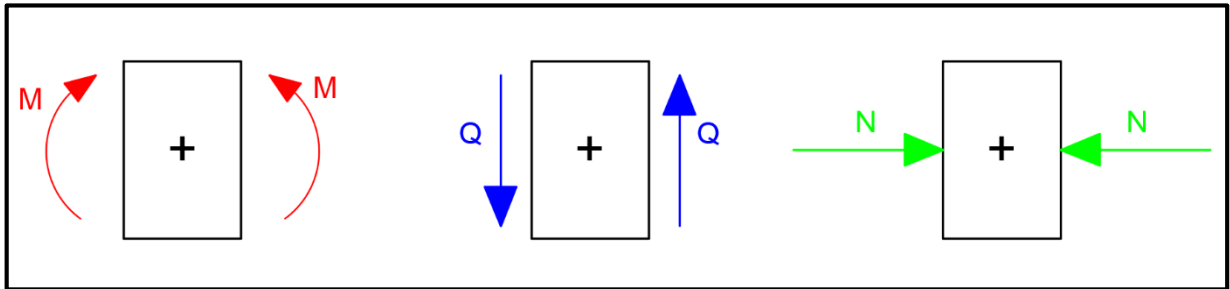
$$L_{guia} = L_{1-4} + L_{4-6} + L_{2-6} = 19,84 \text{ m}$$

$$L_{1-pes} = \frac{L_{guia}}{2} = 9,92 \text{ m}$$

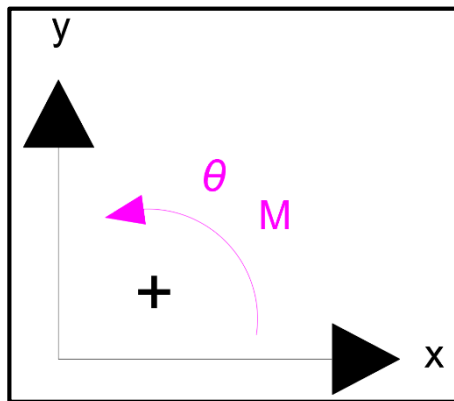
$$L_{4-pes} = L_{1-pes} - L_{1-4} = 3 \text{ m}$$

### 2.3.2.2 Càlcul de l'estructura mitjançant el mètode analític

Primerament cal definir el criteri de signes que s'ha utilitzat pel que fa als esforços interns, així com també per a les equacions de l'estàtica. Aquest criteri és el mostrat en les figures **Fig.2.20** i **Fig.2.21**.

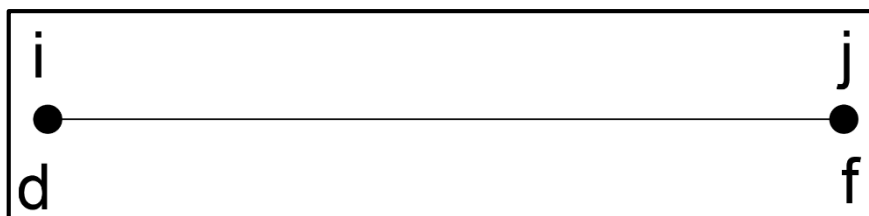


**Fig. 2.20** Criteri de signes utilitzats en el càlcul dels esforços interns de les barres que formen l'estructura. A l'esquerra es pot veure el sentit de gir positiu dels moments, en el centre el sentit positiu de les forces tallants, i a la dreta es mostra el sentit positiu de les forces axials.



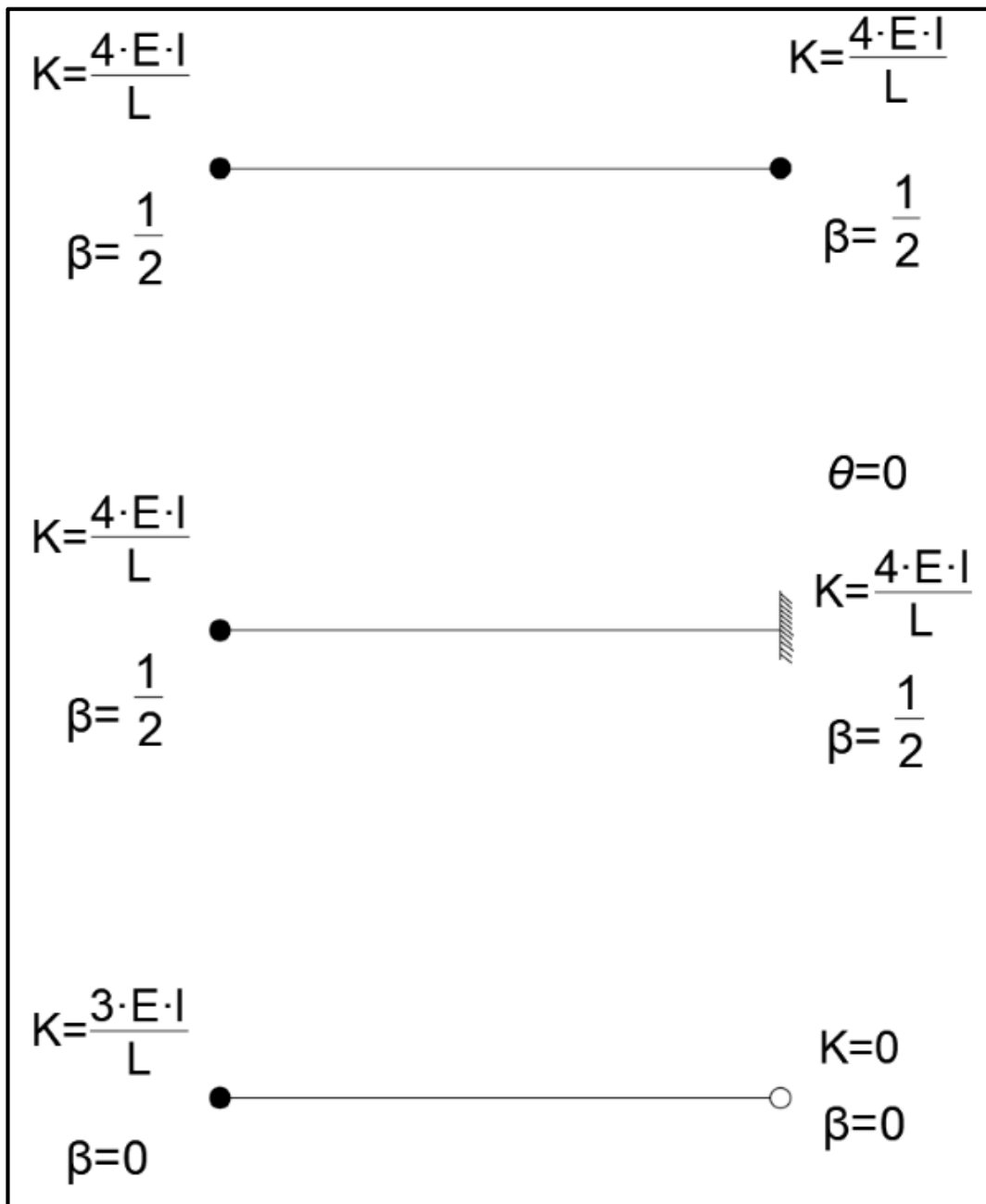
**Fig. 2.21** Criteri de signes utilitzat en les equacions de l'estàtica i el sentit de càlcul de l'estructura. Com es pot veure les eixos  $x$  i  $y$  indiquen els sentits positius de la direcció vertical i horitzontal, i el sentit antihorari marca el sentit positiu dels moments i dels girs dels nusos de l'estructura.

També cal aclarir la nomenclatura utilitzada per a les barres. Degut a que s'han de fer una sèrie de talls en l'estructura, i depenent del tipus d'extrem de barra que es tingui, és necessari establir una nomenclatura en els extrems de les barres per saber a quin extrem de la barra s'està referint. La nomenclatura utilitzada es mostra en la **Fig.2.22**.



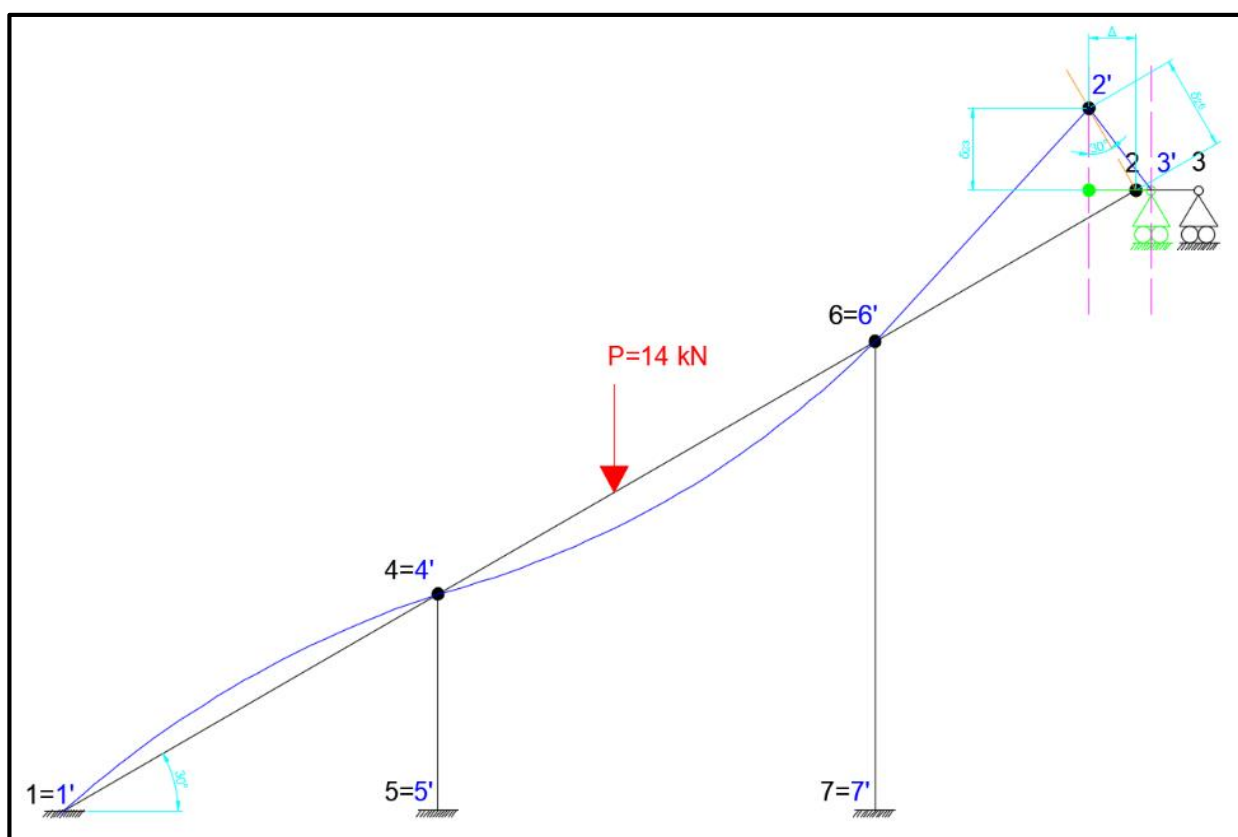
**Fig. 2.22** Nomenclatura utilitzada per designar els extrems de les barres en les diverses equacions que s'han utilitzat. L'extrem inicial s'expressa amb la lletra "i" o "d" (de dorsal), mentre que l'extrem final s'expressa amb una lletra "j" o "f" (de final). S'han utilitzat dos nomenclatures diferents per cada punt, degut a que les equacions utilitzen la nomenclatura de "d-f", mentre que el programa de simulació utilitza el "i-j".

Abans de procedir al càlcul es necessari conèixer el valor de dos coeficients que apareixen en les operacions, i que depenen del tipus d'extrems que es tinguin en cada barra. Aquests coeficients són el de rigidesa ( $K$ ) i el coeficient de transmissió de moments ( $\beta$ ). El valor de cadascun d'aquests es mostra en la **Fig.2.23**, d'acord als extrems de cadascuna de les barres que es poden trobar en l'estructura de la guia.



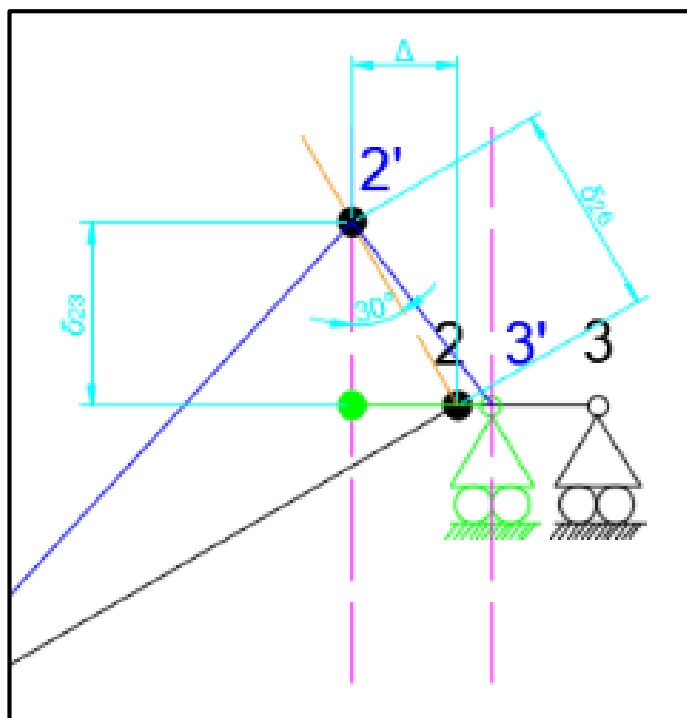
**Fig. 2.23** Valors dels coeficients de rigidesa i de transmissió de moments, per a les diferents situacions dels extrems de les barres. El cercle negre indica extrem encastat amb altres barres, el cercle blanc indica extrem articulat i l'extrem sense cercle indica encastament d'aquest al terra o la paret. Es pot observar que aquest últim cas d'extrem, no disposa de gir ja que està completament fixat.

Fetes aquestes consideracions ja es poden iniciar els càlculs. Primerament s'ha de relacionar els desplaçaments dels nusos que es mouen quan l'estructura suporta la càrrega del pes del cos, amb un desplaçament comú, de manera que es pugui introduir en les equacions bàsiques del mètode analític, que es veuran més endavant. Per fer això es necessari dibuixar una aproximació a la deformació de la figura, tal com es mostra en la **Fig.2.24**. En el dibuix de la deformada s'han aplicat rotació i translació als punts que el poden realitzar, i mitjançant les interseccions d'aquestes línies auxiliars, es possible determinar com és el moviment dels punts. Cal aclarir que en la rotació no s'ha considerat que el punt seguirà una trajectòria circular, sinó que segueix una trajectòria perpendicular a la barra ja que el gir real és tant petit que es pot considerar com un moviment lineal.



**Fig. 2.24** Esquematització de la deformada de l'estructura. La deformació que es mostra amb la línia de color blau fosc és una exageració de la deformació real només feta per poder determinar una relació entre els punts deformats. També es mostren la posició de cadascun dels punts i nusos després de la deformació. Cal destacar que només els punts 3 i el nus 2 realitzen un canvi de la posició, mentre que la resta de punts i nusos queden sense moviment degut a que uneixen dos barres que estan encastades al terra.

A partir de la deformada de l'estructura, es possible establir la relació entre els punts desplaçats a partir d'una sèrie de relacions trigonomètriques. Aquestes relacions s'obtenen de la vista en detall del nus 2, en la **Fig.2.25**.



**Fig. 2.25** Vista detallada del desplaçament del nus 2. Es poden observar els diferents moviments realitzats, per trobar la nova posició del nus: En verd es mostra la translació de la barra 2-3, en rosa es té el gir de la barra 2-3 traslladada, i en taronja el gir de la barra 2-6. En blau cian es poden observar els diferents desplaçaments que s'han relacionar.

A partir de la **Fig.2.25**, es possible establir una sèrie de relacions entre els desplaçaments gràcies a que es té un triangle rectangle, del qual es coneix un dels seus angles no rectes, i cada costat que el forma és un dels desplaçaments a relacionar. A partir de relacions trigonomètriques s'obtenen les següents relacions:

$$\delta_{26} = \frac{\Delta}{\sin(30^\circ)} = 2 \cdot \Delta$$

$$\delta_{23} = \delta_{26} \cdot \cos(30^\circ) = \sqrt{3} \cdot \Delta$$

Amb aquestes relacions ja es possible realitzar les equacions bàsiques per cadascuna de les barres. Les equacions corresponen l'**Eq.18** i l'**Eq.19**. Aquestes equacions permeten obtenir una primera relació entre els moments en cada extrem de barra, amb el gir i desplaçament d'aquest.

$$M_d = \pm \overline{M}_d + K_d \cdot (\theta_d + \beta_d \cdot \theta_f) \pm K_d \cdot \frac{\Delta_d}{L} \cdot (1 + \beta_d) \quad (\text{Eq. 18})$$

$$M_f = \pm \overline{M}_f + K_f \cdot (\theta_f + \beta_d \cdot \theta_d) \pm K_f \cdot \frac{\Delta_f}{L} \cdot (1 + \beta_f) \quad (\text{Eq. 19})$$

On:

$M$ : Moment en l'extrem de barra dorsal o frontal, en kN·m.

$\overline{M}$ : Moment en l'extrem de barra dorsal o frontal, provocat per una càrrega externa en la barra, en kN·m.

$K$ : Coeficient de rigidesa en l'extrem de barra dorsal o frontal (adimensional).

$\theta$ : Gir de l'extrem de barra dorsal o frontal, en radians.

$\Delta$ : Desplaçament de l'extrem de barra dorsal o frontal, en m.

*\*Els signes més-menys que apareixen en les equacions, indiquen que no sempre es té el mateix signe en els moments ocasionats per càrregues externes, i en la part final de l'equació. El signe depèn de la situació que es tingui de cada extrem, i si segueix el sentit positiu o negatiu del criteri de signes establert.*

Aquestes equacions bàsiques s'han aplicat a cadascuna de les barres per tal d'obtenir una relació de de cada moment en cada extrem de barra, amb el gir i el desplaçament, així com per determinar extrems que no tenen moment.



### Barra 1-4:

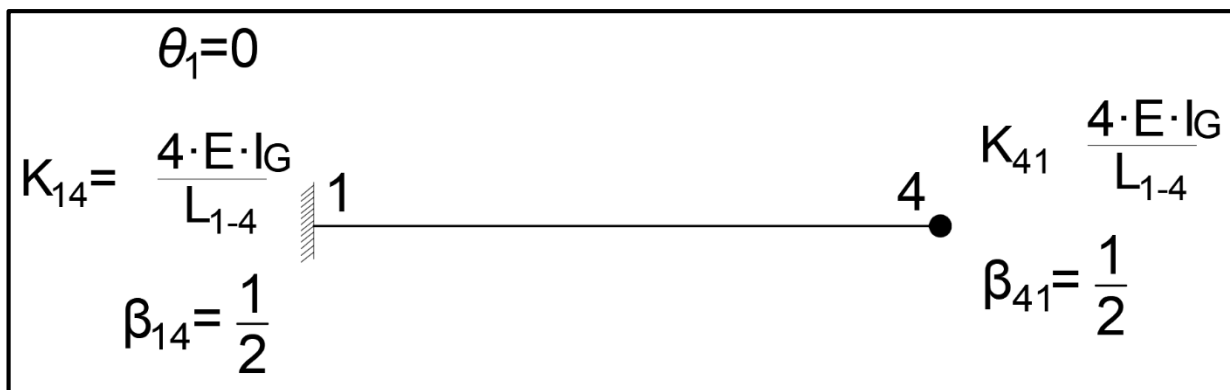


Fig. 2.26 Esquematzació de la situació de la barra 1-4. També es mostren els valors lligats als coeficients de rigidesa i transmissió de moments de cada extrem. Es pot observar que el gir en l'encastament amb el terra és zero, en l'extrem 1.

Substituint la situació dels extrems en les equacions bàsiques:

$$M_{14} = 0 + \frac{4 \cdot E \cdot I_G}{L_{1-4}} \cdot \left(0 + \frac{1}{2} \cdot \theta_4\right) + 0 = 189,983 \cdot \theta_4$$

$$M_{41} = 0 + \frac{4 \cdot E \cdot I_G}{L_{1-4}} \cdot (\theta_4 + 0) + 0 = 379,965 \cdot \theta_4$$

### Barra 4-6:

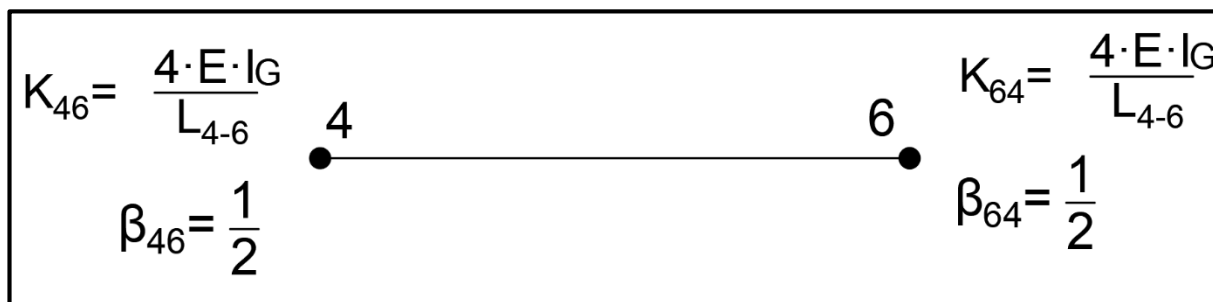


Fig. 2.27 Esquematzació de la situació de la barra 4-6. També es mostren els valors lligats als coeficients de rigidesa i transmissió de moments de cada extrem.

Com aquesta barra si que té una càrrega aplicada que és la del pes del cos, s'ha de fer una transformació de la barra per tal de conèixer els moments produïts per aquest càrrega en cada extrem. Com els dos extrems estan encastats a altres barres, s'ha de transformar la barra de manera que els dos extrems estigui encastats fent que es bloquegi la translació i gir. Aquesta transformació es pot observar en la Fig.2.28, a partir de la qual es calculen els moments provocats per la càrrega.

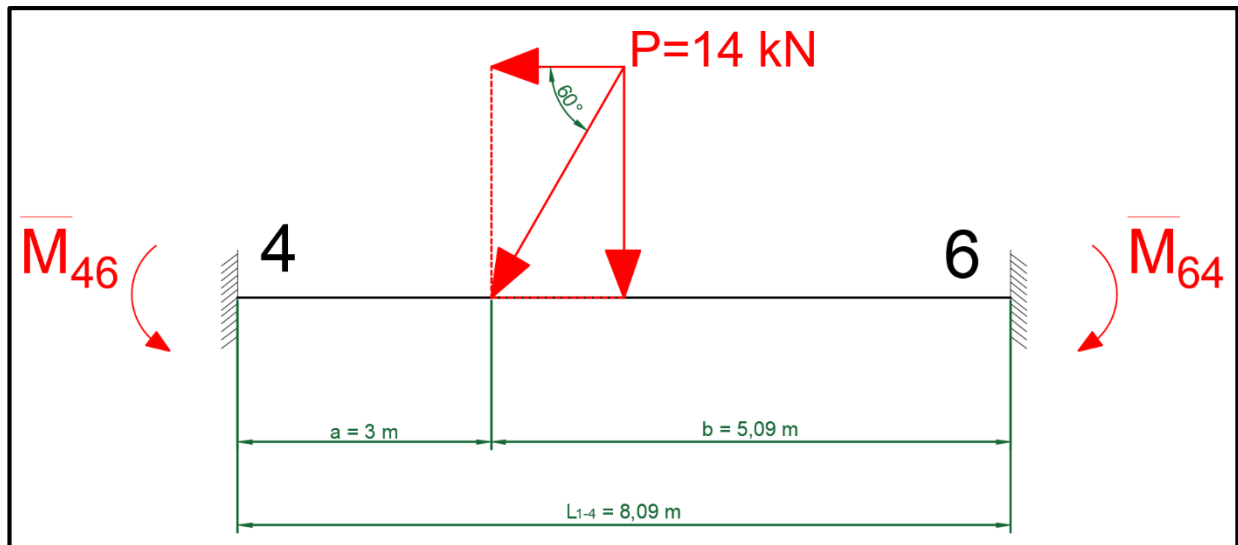


Fig. 2.28 Transformació de la barra 4-6 en una barra amb encastament sense gir en els dos extrems. Aquesta transformació permet el càlcul dels moments produïts per la càrrega de 14 kN.

$$\overline{M}_{46} = \frac{P \cdot \sin(60^\circ) \cdot a \cdot b^2}{L_{1-4}^2} = 14,399 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\overline{M}_{64} = -\frac{P \cdot \sin(60^\circ) \cdot a^2 \cdot b}{L_{1-4}^2} = -8,486 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Substituint aquests valors i la situació dels extrems, en les equacions bàsiques:

$$M_{46} = 14,399 + \frac{4 \cdot E \cdot I_G}{L_{4-6}} \cdot \left( \theta_4 + \frac{1}{2} \cdot \theta_6 \right) + 0 = 14,399 + 325,04 \cdot \theta_4 + 162,507 \cdot \theta_6$$

$$M_{64} = -8,486 + \frac{4 \cdot E \cdot I_G}{L_{4-6}} \cdot \left( \theta_6 + \frac{1}{2} \cdot \theta_4 \right) + 0 = -8,486 + 325,04 \cdot \theta_6 + 162,507 \cdot \theta_4$$

### Barra 2-6:



Fig. 2.29 Esquematització de la situació de la barra 2-6. També es mostren els valors lligats als coeficients de rigidesa i transmissió de moments de cada extrem.

Substituint la situació dels extrems en les equacions bàsiques:

$$M_{62} = 0 + \frac{4 \cdot E \cdot I_G}{L_{2-6}} \cdot \left( \theta_6 + \frac{1}{2} \cdot \theta_2 \right) + 0 = 544,381 \cdot \theta_6 + 272,19 \cdot \theta_2$$

$$M_{26} = 0 + \frac{4 \cdot E \cdot I_G}{L_{2-6}} \cdot \left( \theta_2 + \frac{1}{2} \cdot \theta_6 \right) - \frac{4 \cdot E \cdot I_G}{L_{2-6}} \cdot \frac{\delta_{26}}{L_{2-6}} \cdot (1 + \beta_{26}) = 544,381 \cdot \theta_2 + 272,19 \cdot \theta_6 - 338,125 \cdot \Delta$$

### Barra 2-3:

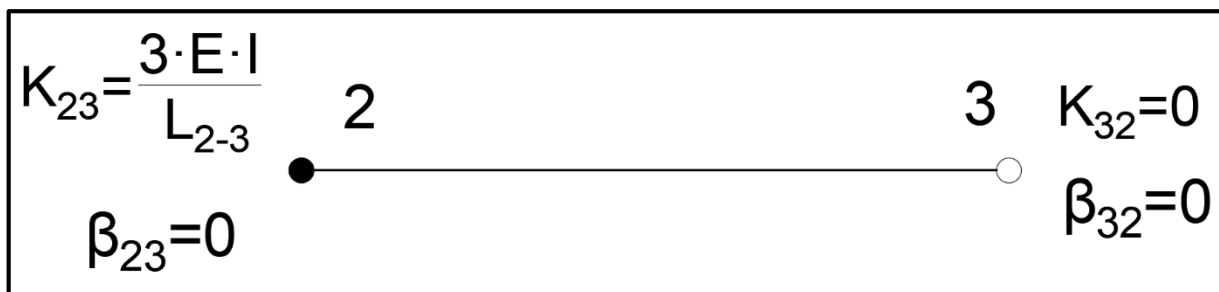


Fig. 2.30 Esquematització de la situació de la barra 2-3. També es mostren els valors lligats als coeficients de rigidesa i transmissió de moments de cada extrem.

Substituint la situació dels extrems en les equacions bàsiques:

$$M_{23} = 0 + \frac{3 \cdot E \cdot I_G}{L_{2-3}} \cdot (\theta_2 + 0 \cdot \theta_3) + \frac{3 \cdot E \cdot I_G}{L_{2-3}} \cdot \frac{\delta_{23}}{L_{2-3}} = 1.972,02 \cdot \theta_2 + 3.415,639 \cdot \Delta$$

$$M_{32} = 0 + 0 + 0 = 0$$

### Barra 4-5:



Fig. 2.31 Esquematització de la situació de la barra 4-5. També es mostren els valors lligats als coeficients de rigidesa i transmissió de moments de cada extrem. Es pot observar que el gir en l'encastament amb el terra és zero, en l'extrem 5.

Substituint la situació dels extrems en les equacions bàsiques:

$$M_{45} = 0 + \frac{4 \cdot E \cdot I_P}{L_{4-5}} \cdot \left( \theta_4 + \frac{1}{2} \cdot 0 \right) + 0 = 1.730,983 \cdot \theta_4$$

$$M_{54} = 0 + \frac{4 \cdot E \cdot I_P}{L_{4-5}} \cdot \left( 0 + \frac{1}{2} \cdot \theta_4 \right) + 0 = 865,491 \cdot \theta_4$$

### Barra 6-7:



Fig. 2.32 Esquematització de la situació de la barra 6-7. També es mostren els valors lligats als coeficients de rigidesa i transmissió de moments de cada extrem. Es pot observar que el gir en l'encastament amb el terra és zero, en l'extrem 7.

Substituint la situació dels extrems en les equacions bàsiques:

$$M_{67} = 0 + \frac{4 \cdot E \cdot I_P}{L_{6-7}} \cdot \left( \theta_6 + \frac{1}{2} \cdot 0 \right) + 0 = 797,497 \cdot \theta_6$$

$$M_{76} = 0 + \frac{4 \cdot E \cdot I_P}{L_{6-7}} \cdot \left( 0 + \frac{1}{2} \cdot \theta_6 \right) + 0 = 398,748 \cdot \theta_6$$

Per tant, les equacions bàsiques de l'estructura es resumeixen en:

$$M_{14} = 189,983 \cdot \theta_4$$

$$M_{41} = 379,965 \cdot \theta_4$$

$$M_{46} = 14,399 + 325,04 \cdot \theta_4 + 162,507 \cdot \theta_6$$

$$M_{64} = -8,486 + 325,04 \cdot \theta_6 + 162,507 \cdot \theta_4$$

$$M_{62} = 544,381 \cdot \theta_6 + 272,19 \cdot \theta_2$$

$$M_{26} = 544,381 \cdot \theta_2 + 272,19 \cdot \theta_6 - 338,125 \cdot \Delta$$

$$M_{23} = 1.972,02 \cdot \theta_2 + 3.415,639 \cdot \Delta$$

$$M_{32} = 0$$

$$M_{45} = 1.730,983 \cdot \theta_4$$

$$M_{54} = 865,491 \cdot \theta_4$$

$$M_{67} = 797,497 \cdot \theta_6$$

$$M_{76} = 398,748 \cdot \theta_6$$

Com es pot veure tots els moments estan en funció del gir dels nusos 2, 4 i 6, i del desplaçament  $\Delta$ . Per tant, per conèixer el valor d'aquests moments és necessari trobar el valor d'aquests girs i del desplaçament, i aquests es troben a través de les equacions addicionals de l'estructura.

Les equacions addicionals relacionades amb els girs, es troben a partir de la realització del sumatori de moments respecte cadascun dels nusos que tenen gir. De manera que els nusos es tallen i es separen de l'estructura, i es suposen una sèrie de moments horaris en cadascun dels talls. Al substituir cadascun dels moments dels talls, en les equacions bàsiques corresponents, s'obté una relació entre els diversos nusos que tenen gir i el desplaçament ( $\Delta$ ).

**Nus 4:**

$$\sum M_4 = 0$$

$$M_{41} + M_{45} + M_{46} = 0$$

$$2.435,962 \cdot \theta_4 + 162,507 \cdot \theta_6 = -14,399 \quad (\text{Eq. 20})$$

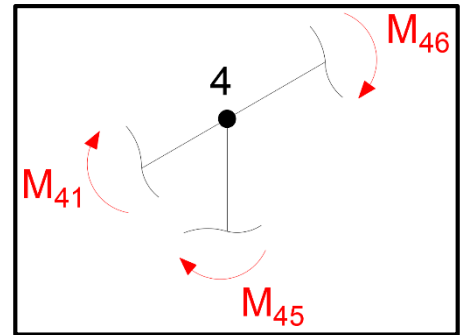


Fig. 2.33 Tall del nus 4, i suposició de moments interns horaris.

**Nus 6:**

$$\sum M_6 = 0$$

$$M_{64} + M_{67} + M_{62} = 0$$

$$162,507 \cdot \theta_4 + 1.666,892 \cdot \theta_6 + 272,19 \cdot \theta_2 = 8,486 \quad (\text{Eq. 21})$$

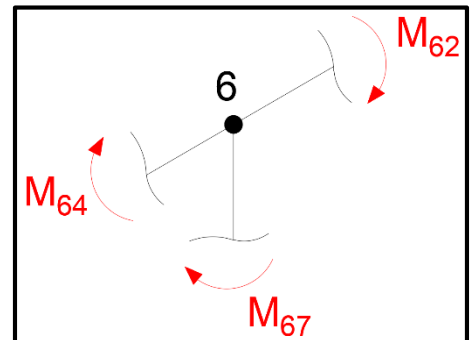


Fig. 2.34 Tall del nus 6, i suposició de moments interns horaris.

**Nus 2:**

$$\sum M_2 = 0$$

$$M_{26} + M_{23} = 0$$

$$2.516,401 \cdot \theta_2 + 272,19 \cdot \theta_6 + 3.077,514 \cdot \Delta = 0 \quad (\text{Eq. 22})$$

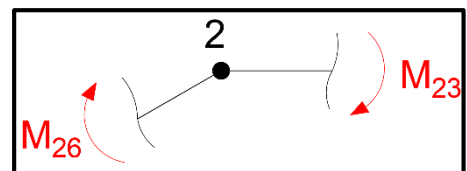
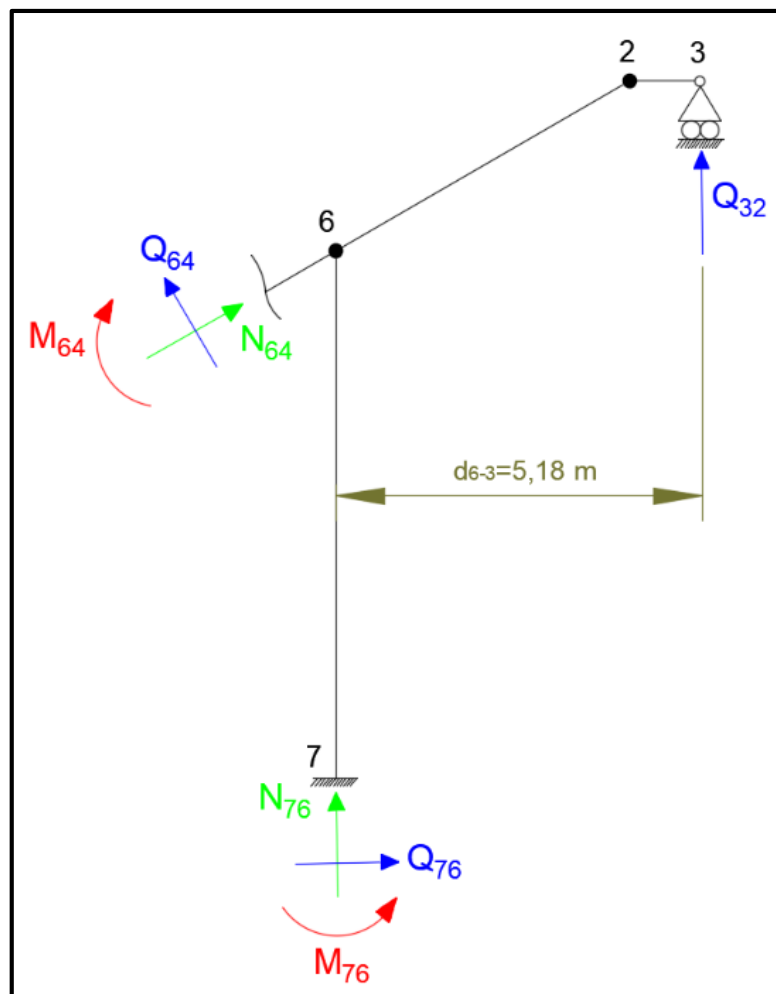


Fig. 2.35 Tall del nus 2, i suposició de moments interns horaris.

Les equacions addicionals relacionades amb el desplaçament ( $\Delta$ ) s'obtenen a partir de la realització d'un tall en l'estructura de manera que es tinguin com a mínim 3 barres completes o tallades. En la porció d'estructura tallada s'han de representar les reaccions i esforços interns que apareixen com són els moments, les forces tallants i les forces axials. El tall realitzat en l'estructura tractada, es mostra en la **Fig.2.36**.

Amb l'estructura tallada es realitza un sumatori de moments de la mateixa respecte el nus que permeti eliminar més forces axials, per tal de facilitar els càlculs, de manera que l'expressió resultant només contingui moments o forces tallants. Estudiant l'equilibri de les diferents barres relacionades amb els tallants, aquests es relacionen amb els moments, de manera que es puguin substituir en l'equilibri de moments realitzat a l'estructura tallada, i únicament es tingui una expressió amb moments. Aquests moments es substitueixen per les expressions trobades en les equacions bàsiques, i com a resultat s'obté una expressió que relaciona els girs dels nusos i el desplaçament ( $\Delta$ ).



**Fig. 2.36** Tall realitzat en l'estructura amb el que es buscarà l'equació addicional relacionada amb el desplaçament i els girs.



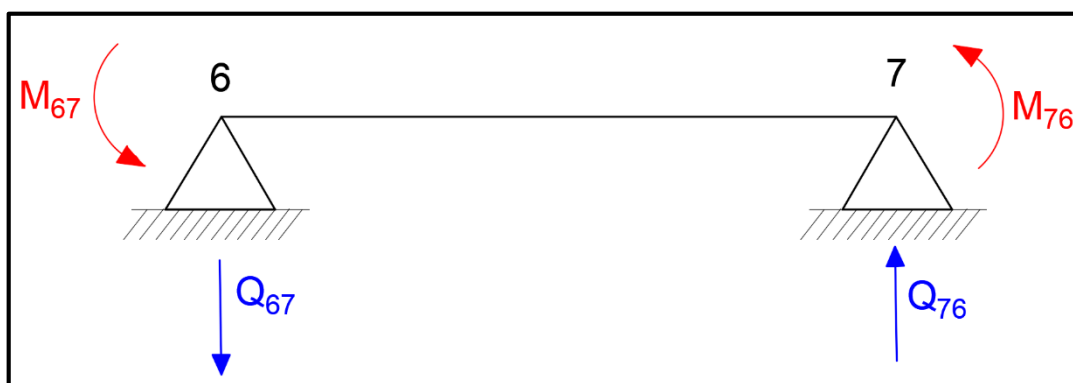
Amb el tall realitzat tal com mostra la **Fig.2.36**, el millor nus sobre el que realitzar el sumatori de moments és el nus 6, ja que s'aconsegueix que cap de les forces axials apareguin en el sumatori, de manera que s'obté la següent expressió:

$$\sum M_6 = 0$$

$$-M_{64} + M_{76} + Q_{76} \cdot L_{6-7} + Q_{32} \cdot d_{6-3} = 0$$

Com es pot veure únicament es tenen tallants relacionats amb les barres 6-7 i 2-3, de manera que s'ha estudiat l'equilibri en cadascuna d'elles per relacionar el tallant amb els moments corresponents:

### Equilibri en la barra 6-7



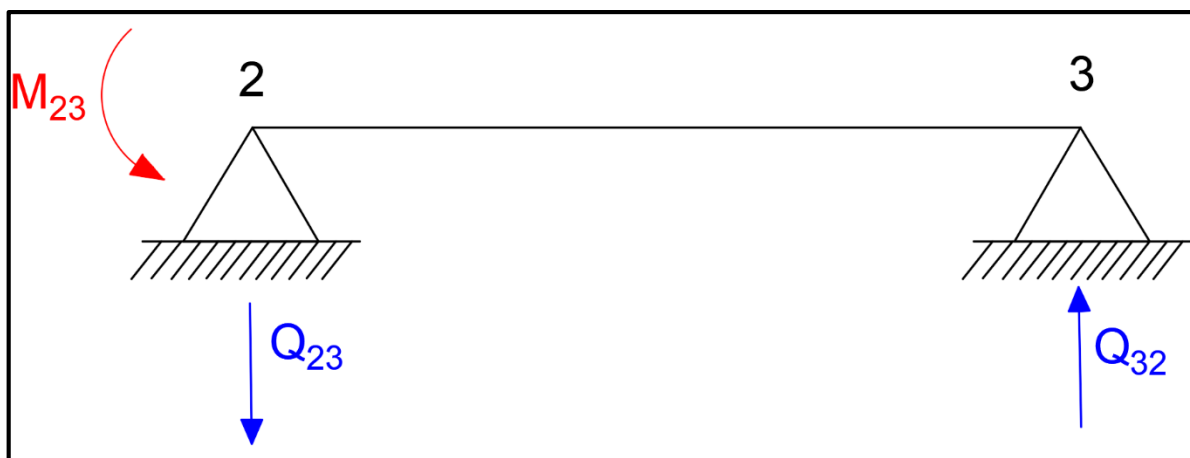
**Fig. 2.37** Forces tallants i moments que apareixen en la barra 6-7. Les forces axials no s'han representat ja que només es vol realitzar el sumatori de moments d'aquesta barra i les forces axials no causen cap moment.

$$\sum M_6 = 0$$

$$M_{67} + M_{76} + Q_{76} \cdot L_{6-7} = 0$$

$$Q_{76} = \frac{-M_{67} - M_{76}}{L_{6-7}}$$

### Equilibri en la barra 2-3



**Fig. 2.38** Forces tallants i moments que apareixen en l barra 2-3. Les forces axials no s'han representat ja que només es vol realitzar el sumatori de moments d'aquesta barra i les forces axials no causen cap moment. Es pot observar que l'extrem 3 no té moment tal com ha resultat de les equacions bàsiques. Òbviament no existeix aquest moment en l'extrem 3 per que és un extrem articulat cosa que el permet girar.

$$\sum M_3 = 0$$

$$M_{23} + Q_{23} \cdot L_{2-3} = 0$$

$$Q_{23} = Q_{32} = \frac{-M_{23}}{L_{2-3}}$$

Aquestes relacions es poden substituir en l'expressió trobada amb el sumatori de moments de l'estructura tallada, i substituint els moments per les seves relacions amb girs i desplaçaments trobades en les equacions bàsiques, s'acaba obtenint l'**Eq.23**.

$$-M_{64} + M_{76} + \left( \frac{-M_{67} - M_{76}}{L_{6-7}} \right) \cdot L_{6-7} - M_{23} \cdot d_{6-3} = 0$$

$$-162,507 \cdot \theta_4 - 1.122,637 \cdot \theta_6 - 10.215,064 \cdot \theta_2 - 17.693,01 \cdot \Delta = -8,486 \quad (\text{Eq. 23})$$

Resolent el sistema d'equacions format per l'*Eq.20*, l'*Eq.21*, l'*Eq.22* i l'*Eq.23*, s'obtenen els valors dels girs dels punts 2, 4 i 6, així com el desplaçament ( $\Delta$ ):

$$\theta_4 = -6,323 \cdot 10^{-3} \text{ rad}$$

$$\theta_6 = 6,178 \cdot 10^{-3} \text{ rad}$$

$$\theta_2 = -2,880 \cdot 10^{-3} \text{ rad}$$

$$\Delta = 1,807 \cdot 10^{-3} \text{ m} = 1,807 \text{ mm}$$

Coneixent els valors dels girs i desplaçament, s'han substituït aquests en les equacions bàsiques dels moments, de manera que s'obtenen els valors d'aquests en cada extrem de barra:

$$M_{14} = -1,204 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{41} = -2,403 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{46} = 13,348 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{64} = -7,506 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{62} = 2,579 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{26} = -0,496 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{23} = 0,497 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{32} = 0$$

$$M_{45} = -10,945 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{54} = -5,472 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{67} = 4,926 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{76} = 2,463 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

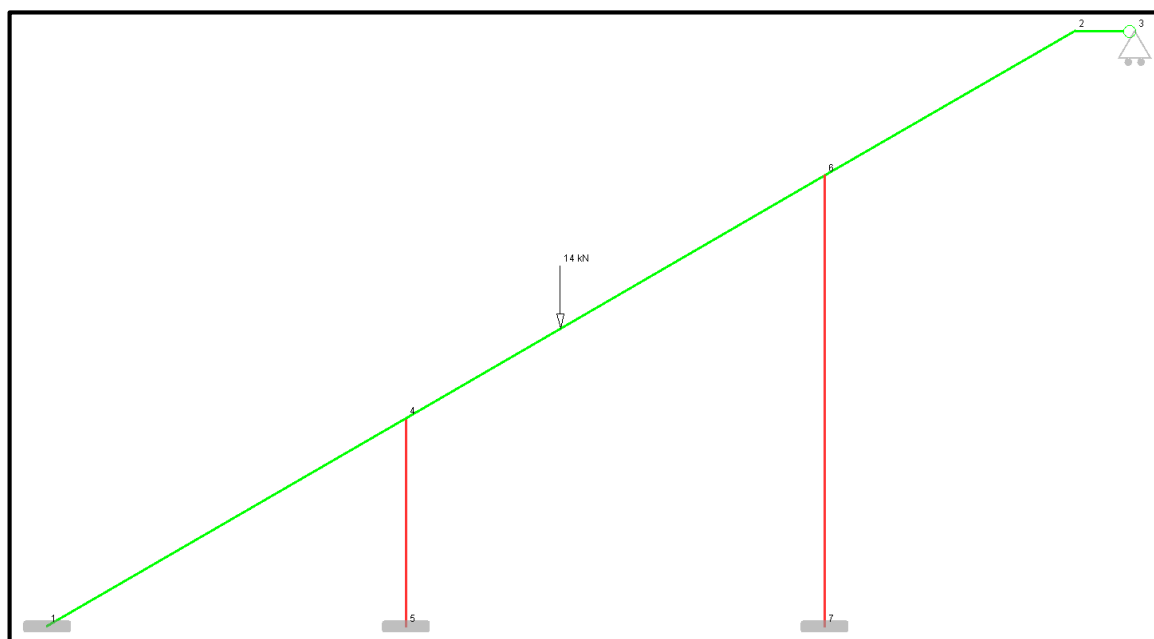
Coneixent els moments en cada extrem de barra, la resta d'esforços interns com són les forces tallants i axials, es poden extreure de realitzar les equacions de l'estàtica a cada barra i nus. Els resultats obtinguts de tots els esforços interns de l'estructura es recullen en la *Taula 6*.

*Taula 6 Resultats obtinguts dels esforços interns de l'estructura*

Barra	Axil "i" (kN)	Tallant "i" (kN)	Moment flector "i" (kN·m)	Axil "j" (kN)	Tallant "j" (kN)	Moment flector "j" (kN·m)
[1-4]	4,644	0,521	-1,201	-4,644	-0,521	-2,403
[2-3]	0	-0,498	0,497	0	-0,498	0
[2-6]	0,249	-0,431	-0,495	0,249	-0,431	2,579
[4-5]	12,983	4,745	-10,945	12,983	-4,745	-5,472
[4-6]	-5,957	-8,350	13,348	-1,043	-3,774	-7,506
[6-7]	4,287	-0,984	4,926	4,287	-0,984	2,463

### 2.3.2.3 Resultats obtinguts en la simulació

En la simulació realitzada s'ha introduït l'estructura simplificada, tal com es mostra en la **Fig.2.39**. Com es pot veure s'han diferenciat les barres que formen part de la guia, dels pilars, ja que els dos tenen característiques diferents que ha estat necessari indicar-les en la introducció de dades en la simulació. A més, cal aclarir que no s'ha introduït la secció real de les barres, sinó que s'ha introduït un valor de secció molt alt. Això ha estat necessari, ja que el programa que realitza la simulació, considera el gir dels nusos com una trajectòria circular i no perpendicular a la barra com en els càlculs amb el mètode analític. Introduint una secció molt gran s'aconsegueixen evitar trajectòries circulars, i així la simulació i els càlculs realitzats es troben sota les mateixes condicions.



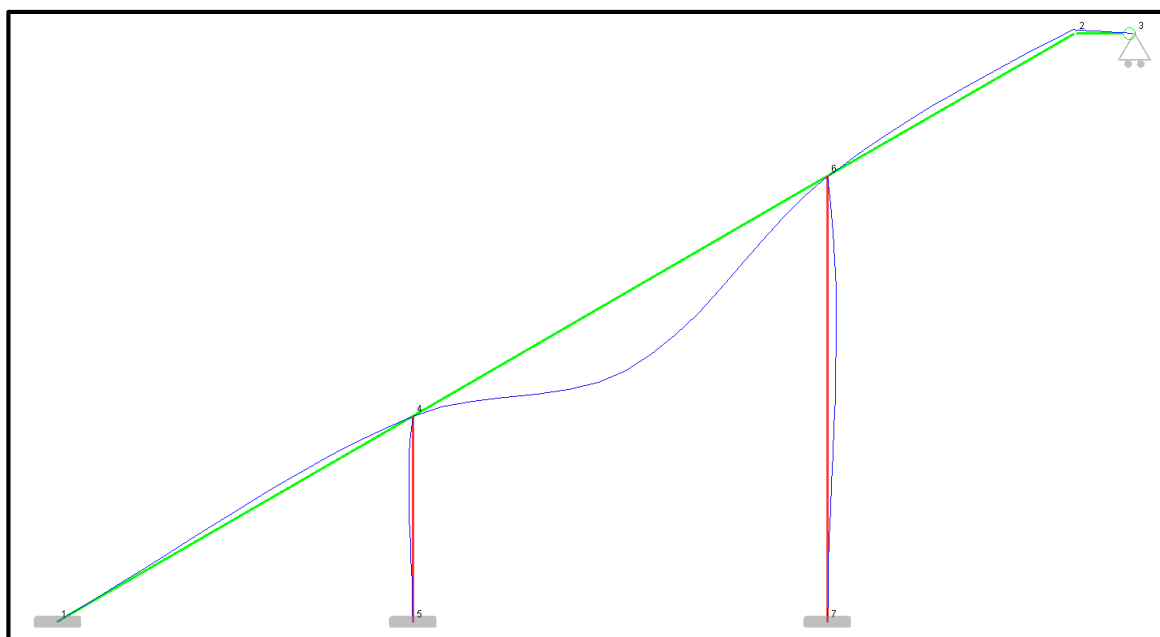
*Fig. 2.39 Estructura introduïda en la simulació. En roig es diferencien els pilars, de la guia representada en color verd.*

Els resultats obtinguts d'aquesta simulació, dels desplaçaments i girs, així com els esforços interns, es mostren en la **Fig.2.40**.

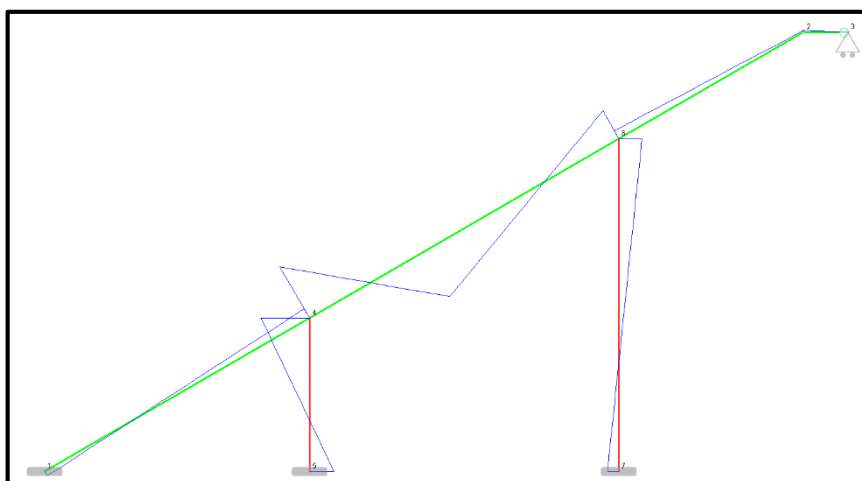
Desplazamientos y esfuerzos											✕
Desplazamientos				Esfuerzos							
Nudo	Desplaz_X(mm)	Desplaz_Y(mm)	Giro (rad)	Barra	Axil i (kN)	Esfuerzos cortantes i	Momentos flectores i	Axil j (kN)	Esfuerzos cortantes j	Momentos flectores j	
1	0	0	0	[1-4]	-4,597	0,523	1,206	-4,597	0,523	-2,412	
2	-1,808	3,131	-0,00292	[2-3]	0	-0,417	-0,417	0	-0,417	0	
3	-1,808	0	0	[2-6]	0,209	-0,361	0,417	0,209	-0,361	2,162	
4	0	0	-0,00635	[4-5]	13,021	4,764	10,988	13,021	4,764	-5,494	
5	0	0	0	[4-6]	6,039	-8,371	-13,4	-0,961	3,753	-7,388	
6	0	0	0,00655	[6-7]	4,148	-1,044	-5,226	4,148	-1,044	2,613	
7	0	0	0								

**Fig. 2.40** Resultats obtinguts de la simulació de l'estructura amb el programa "Barras V.2".

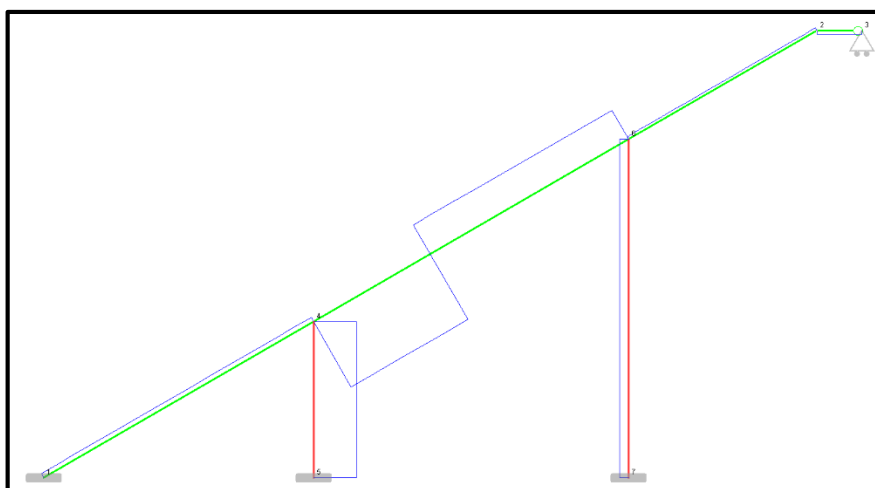
A més, també es pot obtenir de la simulació, la deformació de l'estructura, així com els gràfics de lleis d'esforços de cadascuna de les barres, tal i com es mostra en les figures **Fig.2.41**, **Fig.2.42**, **Fig.2.43** i **Fig.2.44**.



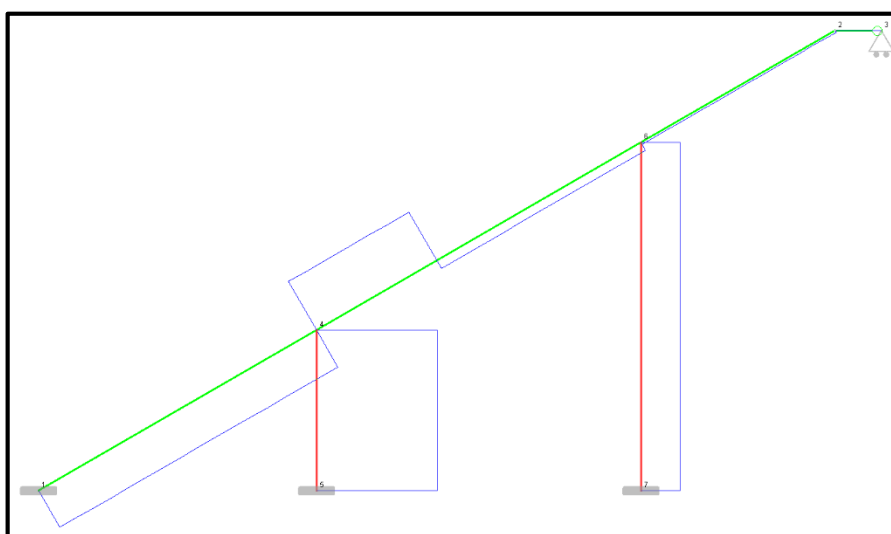
**Fig. 2.41** Representació de la deformació de l'estructura a escala 1:20, obtinguda de la simulació.



**Fig. 2.42** Representació de la llei d'esforços interns dels moments flectors de cadascuna de les barres de l'estructura, a escala 1:10.



**Fig. 2.43** Representació de la llei d'esforços interns dels esforços tallants de cadascuna de les barres de l'estructura, a escala 1:20.



**Fig. 2.44** Representació de la llei d'esforços interns dels esforços axials de cadascuna de les barres de l'estructura, a escala 1:20.

---

#### 2.3.2.4 Anàlisi dels resultats obtinguts

Una vegada obtinguts els resultats dels càlculs mitjançant el mètode analític, i comparant-los amb els resultats obtinguts de la simulació, s'han extret les següents conclusions:

- Els valors obtinguts dels càlculs i de la simulació són molt semblants cosa que confirma que els càlculs s'han realitzat correctament. Les petites diferències existents van lligades a la pèrdua d'informació en els càlculs degut als arrodoniments i altres errors sense importància.
- Els valors obtinguts dels girs dels nusos són de l'ordre de  $10^{-3}$  radians, valors que són molt petits. Això indica que amb el cos carregat amb el màxim pes, no hi ha perill de que hi hagi un gir excessiu dels nusos de l'estructura que podrien causar la caiguda del cos, o el trencament de l'estructura.
- Els valors obtinguts de la translació dels nusos (que es poden traslladar) són d'aproximadament 2 mm en l'eix x i 3 mm en l'eix y. Com es pot veure són valors molt petits comparats amb la grandària de l'estructura, per tant també es confirma que no existeix perill de que les barres es traslladin en excés quan suporten la màxima càrrega.
- Els esforços interns obtinguts tampoc són excessivament grans i en principi poden ser aguantats per la fusta sense problemes. Tot i això, és necessari realitzar un estudi de les pressions que es tenen per tal d'assegurar que la fusta les pot resistir i no es produeix cap trencament o deformació de la mateixa.



### 2.3.3 Anàlisi de l'estructura II: Elevació del cos de 8 metres

#### 2.3.3.1 Caracterització de l'estructura

Per tal de simplificar l'estructura realitzada i que sigui més senzill estudiar-la, s'ha transformat l'estructura dissenyada que es mostra en la **Fig.2.45**, en una estructura en que es divideix la guia principal en petits trams encastats en diversos nusos juntament amb els pilars, així com una simplificació dels recolzaments de la guia sobre el terra i la paret, com la que es mostra en la **Fig.2.46**. Com ja s'ha realitzat l'estudi de l'estructura mitjançant el mètode analític, i s'ha vist que els resultats són idèntics als obtinguts en la simulació, s'ha decidit obtenir els resultats directament de la simulació per a l'estructura de 8 m.

Per tal de poder realitzar la simulació es disposa d'una sèrie de dades relacionades amb el disseny i el material del mateix:

- Les longituds de cada tram, recollits en la **Taula 7**.
- El mòdul d'elasticitat de la fusta, considerat en la direcció radial:  $E = 2.300 \text{ N/mm}^2$
- El moment d'inèrcia de cadascun dels trams sense tenir en compte la seva massa:
  - En els trams de la guia:  $I_G = 2,858 \cdot 10^8 \text{ mm}^4$
  - En els pilars:  $I_P = 6,510 \cdot 10^8 \text{ mm}^4$
- Sabent que la massa total del cos amb la càrrega màxima és de 1.380 kg, s'ha aproximat el pes del cos, situat al centre de la guia, a una càrrega de 14 kN.

S'ha calculat el grau de translacionalitat d'aquesta estructura reticulada mitjançant l'**Eq.17**, ja utilitzada en l'estructura per a 10 m d'alçada, obtenint com a resultat un grau de translacionalitat igual a 1. Ja es podia saber que es tindria aquest grau de translacionalitat, ja que es tenen el mateix nombre de barres i amb en la mateixa posició que en l'estructura de 10 m, l'únic que ara les barres tenen dimensions reduïdes.

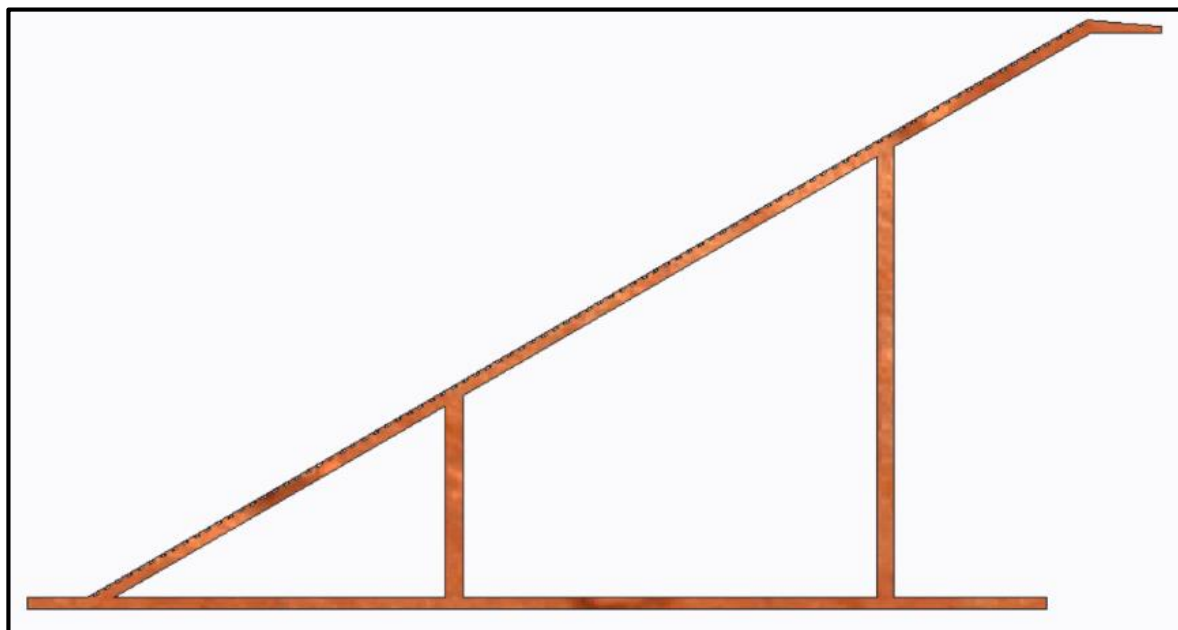


Fig. 2.45 Vista del lateral de l'estructura de la guia utilitzada per elevar el cos a 8 m l'alçada.

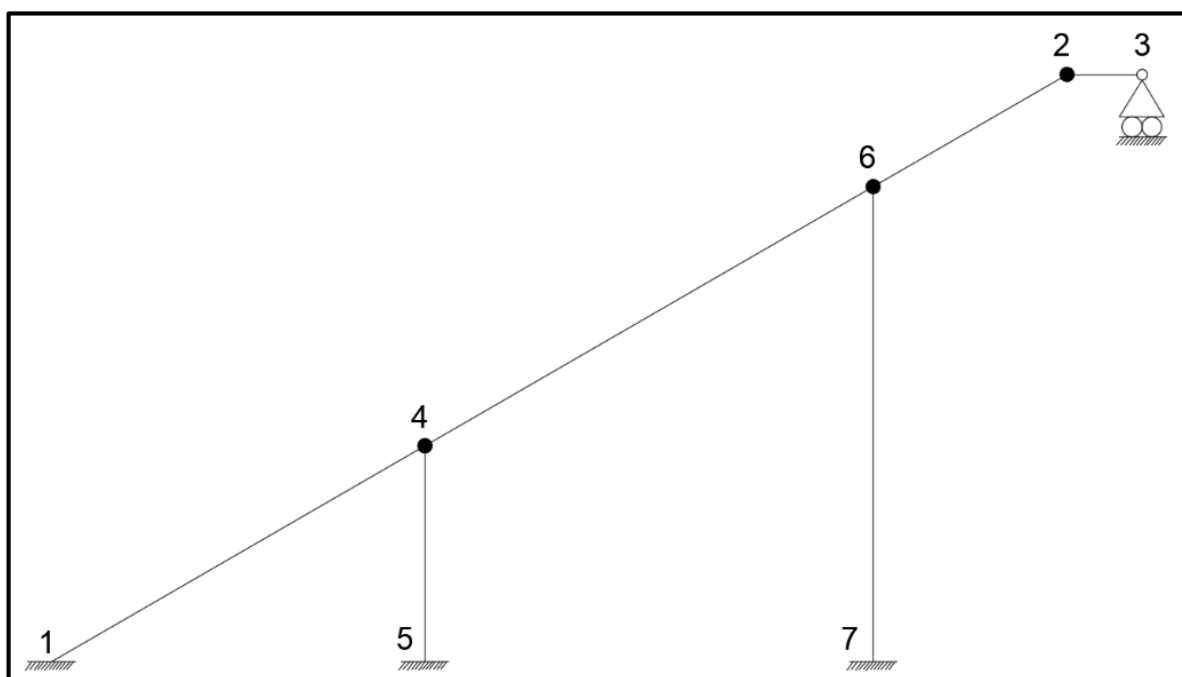


Fig. 2.46 Simplificació de l'estructura de la guia. Es pot veure la divisió de la guia en diferents trams enllaçats pels nusos 4, 6 i 2, així com l'encastament dels pilars en els punts 5 i 7, i de l'extrem inferior de la guia amb el terra en el punt 1, així com l'extrem superior amb mobilitat horitzontal corresponent a la zona de recolzament amb la paret en el punt 3.

*Taula 7 Longitud dels diferents trams o barres, en que s'ha dividit l'estructura.*

Barra	Nomenclatura	Longitud (m)
[1-4]	$L_{1-4}$	5,63
[2-3]	$L_{2-3}$	1,00
[2-6]	$L_{2-6}$	3,14
[4-5]	$L_{4-5}$	2,89
[4-6]	$L_{4-6}$	6,93
[6-7]	$L_{6-7}$	6,35

També és necessari identificar la distància del punt d'aplicació del pes del cos respecte diferents punts de referència, ja que es necessitarà tenir la càrrega localitzada en la simulació. Per tant sabent que el pes està aplicat just al punt mig de la guia, s'obté que respecte el punt 1 el pes es troba a 7,85 m. A més, també és necessari identificar la distància a la que està el pes, respecte a un dels dos extrems de la barra en que està aplicada. Per tant, referenciant el pes respecte al nus 4, s'obté que la càrrega es troba a 2,22 m d'aquest extrem:

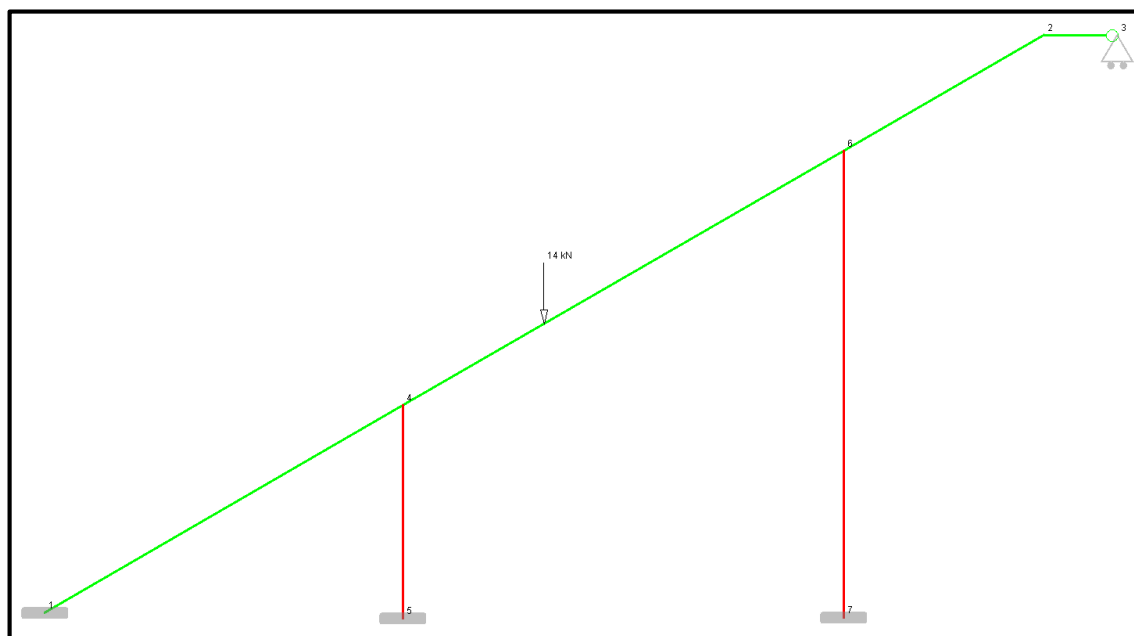
$$L_{guia} = L_{1-4} + L_{4-6} + L_{2-6} = 15,7 \text{ m}$$

$$L_{1-pes} = \frac{L_{guia}}{2} = 7,85 \text{ m}$$

$$L_{4-pes} = L_{1-pes} - L_{1-4} = 2,22 \text{ m}$$

### 2.3.3.2 Resultats obtinguts en la simulació

En la simulació realitzada s'ha introduït l'estructura simplificada, tal com es mostra en la **Fig.2.47**. Com es pot veure s'han diferenciat les barres que formen part de la guia, dels pilars, ja que els dos tenen característiques diferents que ha estat necessari indicar-les en la introducció de dades en la simulació. A més, cal aclarir que no s'ha introduït la secció real de les barres, sinó que s'ha introduït un valor de secció molt alt. Això ha estat necessari, ja que el programa que realitza la simulació, considera el gir dels nusos com una trajectòria circular i no perpendicular a la barra com en els càlculs amb el mètode analític. Introduint una secció molt gran s'aconsegueixen evitar trajectòries circular, i així la simulació i els càlculs realitzats es troben sota les mateixes condicions.



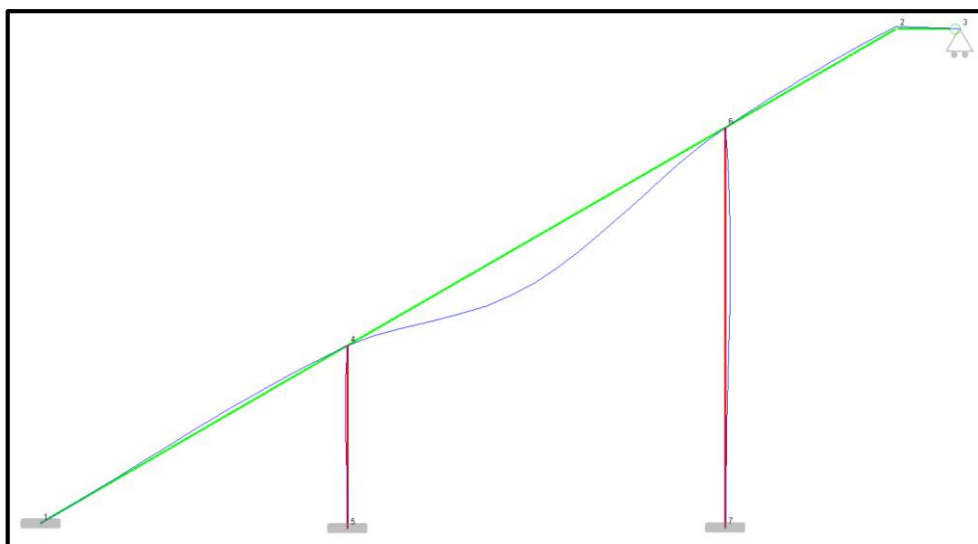
**Fig. 2.47** Estructura introduïda en la simulació. En roig es diferencien els pilars, de la guia representada en color verd.

Els resultats obtinguts d'aquesta simulació, dels desplaçaments i girs, així com es mostren els esforços interns es mostren en la **Fig.2.48**.

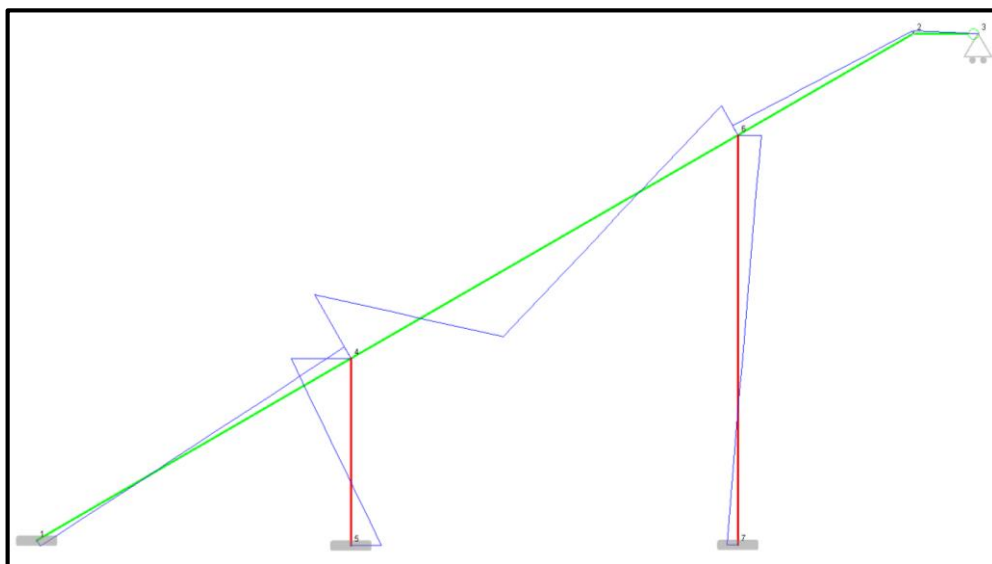
Desplazamientos y esfuerzos											✕
Desplazamientos				Esfuerzos							
Nudo	Desplaz.X(mm)	Desplaz.Y(mm)	Giro (rad)	Barra	Axil Y (kN)	Esfuerzos cortantes i..	Momentos flectores i..	Axil Y (kN)	Esfuerzos cortantes j..	Momentos flectores j..	
1	0	0	0	[1-4]	-4.949	0.56	1.052	-4.949	0.56	-2.104	
2	-0.996	1.725	-0.00149	[2-3]	0	-0.466	-0.466	0	-0.466	0	
3	-0.996	0	0	[2-6]	0.233	-0.404	0.466	0.233	-0.404	1.734	
4	0	0	-0.00450	[4-5]	13.985	4.845	9.335	13.985	4.845	-4.668	
5	0	0	0	[4-6]	6.239	-9.128	-11.439	-0.761	2.996	-5.286	
6	0	0	0.00377	[6-7]	3.441	-0.839	-3.552	3.441	-0.839	1.776	
7	0	0	0								

**Fig. 2.48** Resultats obtinguts de la simulació de l'estructura amb el programa "Barras V.2".

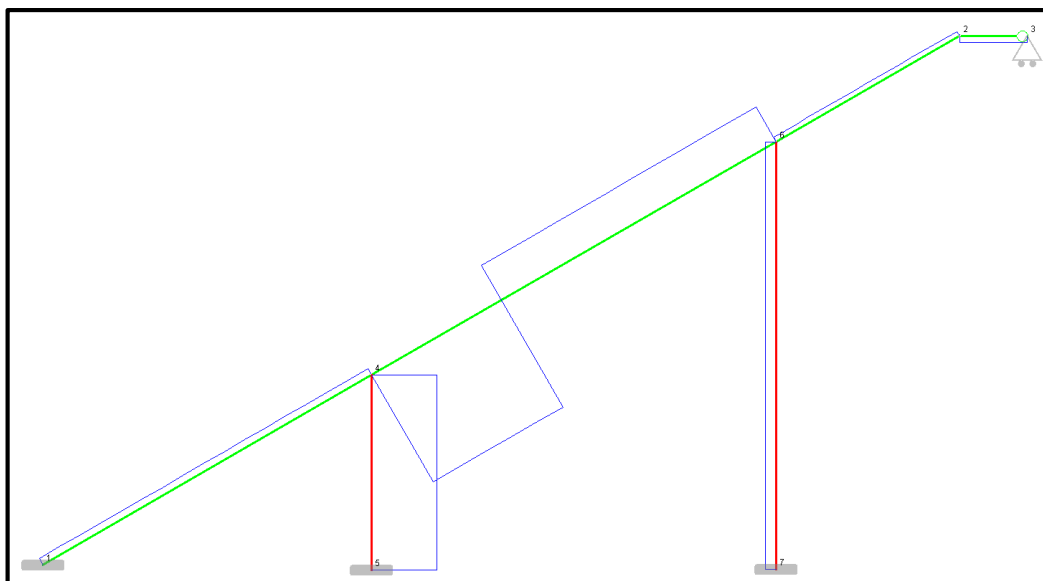
A més, també es pot obtenir de la simulació, la deformació de l'estructura, així com els gràfics de lleis d'esforços de cadascuna de les barres, tal i com es mostra en les figures **Fig.2.49**, **Fig.2.50**, **Fig.2.51** i **Fig.2.52**.



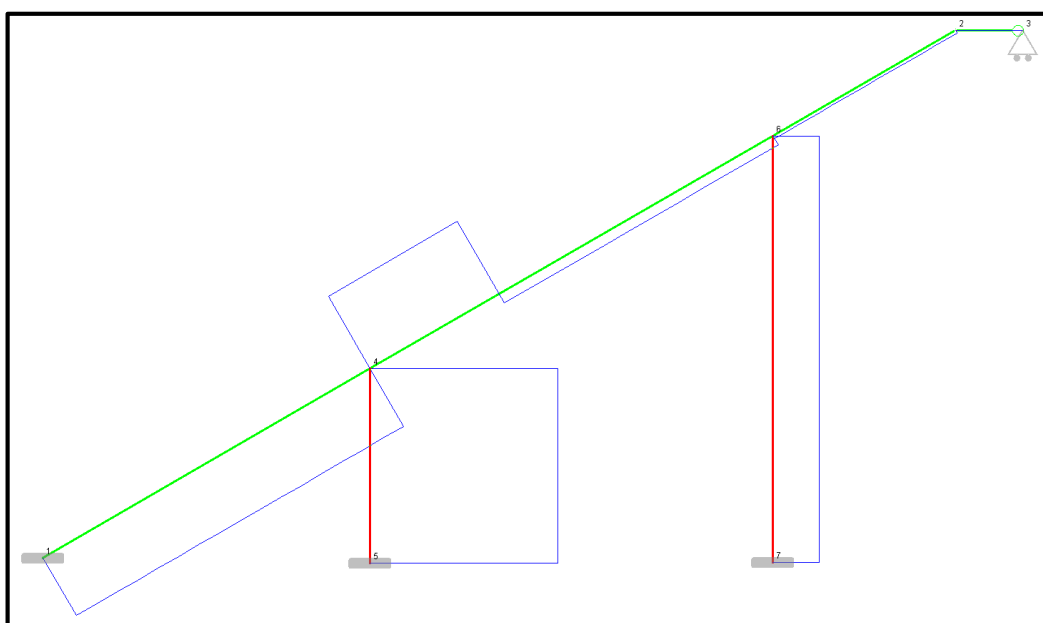
**Fig. 2.49** Representació de la deformació de l'estructura a escala 1:20, obtinguda de la simulació.



**Fig. 2.50** Representació de la llei d'esforços interns dels moments flectors de cadascuna de les barres de l'estructura, a escala 1:10.



**Fig. 2.51** Representació de la llei d'esforços interns dels esforços tallants de cadascuna de les barres de l'estructura, a escala 1:20.



**Fig. 2.52** Representació de la llei d'esforços interns dels esforços axials de cadascuna de les barres de l'estructura, a escala 1:20.

---

### 2.3.3.3 *Anàlisi dels resultats obtinguts*

Una vegada obtinguts els resultats de la simulació, s'han extret les següents conclusions:

- Els valors obtinguts dels girs dels nusos són de l'ordre de  $10^{-3}$  radians, valors que són molt petits. Això indica que amb el cos carregat amb el màxim pes, no hi ha perill de que hi hagi un gir excessiu dels nusos de l'estructura que podrien causar la caiguda del cos, o el trencament de l'estructura.
- Els valors obtinguts de la translació dels nusos (que es poden traslladar) són d'aproximadament 1 mm en l'eix x i 2 mm en l'eix y. Com es pot veure són valors molt petits comparats amb la grandària de l'estructura, per tant també es confirma que no existeix perill de que les barres es traslladin en excés quan suporten la màxima càrrega.
- Els esforços interns obtinguts tampoc són excessivament grans i en principi poden ser aguantats per la fusta sense problemes. Tot i això, és necessari realitzar un estudi de les pressions que es tenen per tal d'assegurar que la fusta les pot resistir i no es produeix cap trencament o deformació de la mateixa.



### 2.3.4 Anàlisi de l'estructura III: Elevació del cos de 6 metres

#### 2.3.4.1 Caracterització de l'estructura

Per tal de simplificar l'estructura realitzada i que sigui més senzill estudiar-la, s'ha transformat l'estructura dissenyada que es mostra en la **Fig.2.53**, en una estructura en que es divideix la guia principal en petits trams encastats en diversos nusos juntament amb els pilars, així com una simplificació dels recolzaments de la guia sobre el terra i la paret, com la que es mostra en la **Fig.2.54**. Com ja s'ha realitzat l'estudi de l'estructura mitjançant el mètode analític, i s'ha vist que els resultats són idèntics als obtinguts en la simulació, s'ha decidit obtenir els resultats directament de la simulació per a l'estructura de 6 m.

Per tal de poder realitzar la simulació es disposa d'una sèrie de dades relacionades amb el disseny i el material del mateix:

- Les longituds de cada tram, recollits en la **Taula 8**.
- El mòdul d'elasticitat de la fusta, considerat en la direcció radial:  $E = 2.300 \text{ N/mm}^2$
- El moment d'inèrcia de cadascun dels trams sense tenir en compte la seva massa:
  - En els trams de la guia:  $I_G = 2,858 \cdot 10^8 \text{ mm}^4$
  - En els pilars:  $I_P = 6,510 \cdot 10^8 \text{ mm}^4$
- Sabent que la massa total del cos amb la càrrega màxima és de 1.380 kg, s'ha aproximat el pes del cos, situat al centre de la guia, a una càrrega de 14 kN.

S'ha calculat el grau de translacionalitat d'aquesta estructura reticulada mitjançant l'**Eq.17**, ja utilitzada en l'estructura per a 10 m d'alçada, obtenint com a resultat un grau de translacionalitat igual a 1. Ja es podia saber que es tindria aquest grau de translacionalitat, ja que es tenen el mateix nombre de barres i amb en la mateixa posició que en l'estructura de 10 m, l'únic que ara les barres tenen dimensions reduïdes.

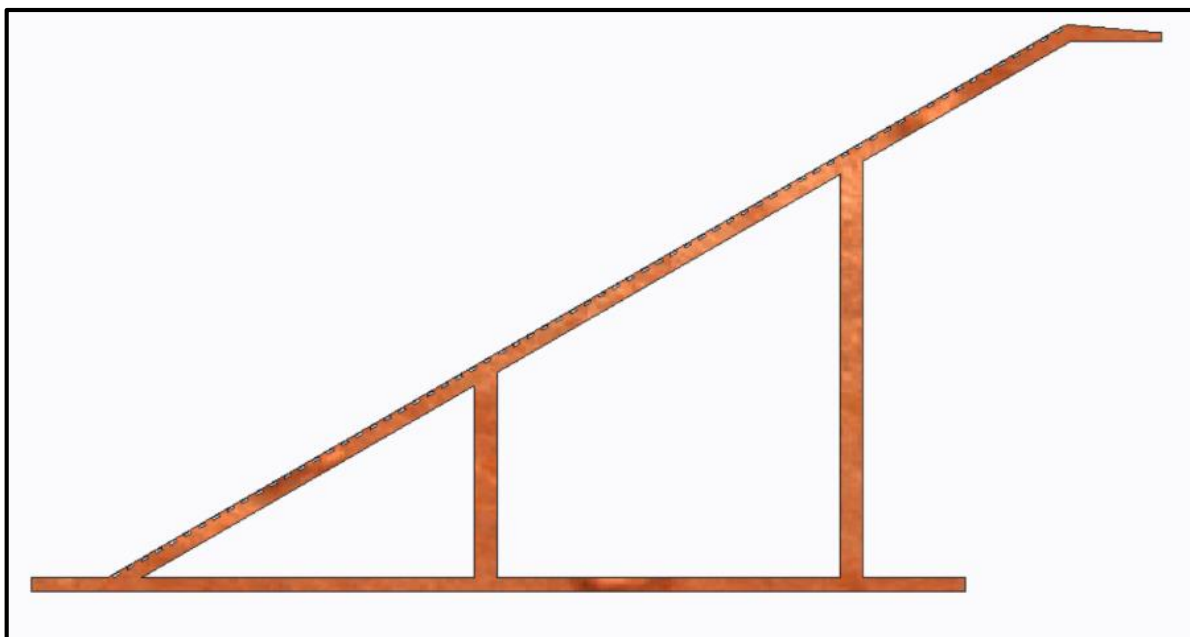


Fig. 2.53 Vista del lateral de l'estructura de la guia utilitzada per elevar el cos a 6 m l'alçada.

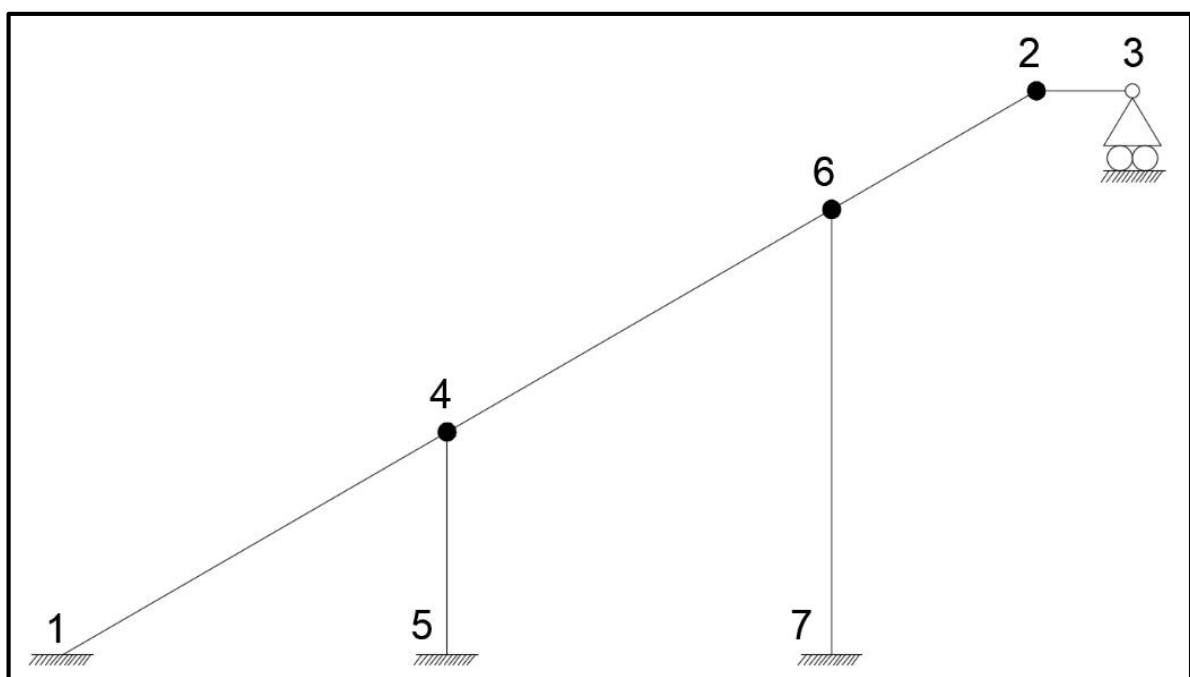


Fig. 2.54 Simplificació de l'estructura de la guia. Es pot veure la divisió de la guia en diferents trams enllaçats pels nusos 4, 6 i 2, així com l'encastament dels pilars en els punts 5 i 7, i de l'extrem inferior de la guia amb el terra en el punt 1, així com l'extrem superior amb mobilitat horitzontal corresponent a la zona de recolzament amb la paret en el punt 3.



*Taula 8 Longitud dels diferents trams o barres, en que s'ha dividit l'estructura.*

Barra	Nomenclatura	Longitud (m)
[1-4]	$L_{1-4}$	4,48
[2-3]	$L_{2-3}$	1,00
[2-6]	$L_{2-6}$	2,60
[4-5]	$L_{4-5}$	2,31
[4-6]	$L_{4-6}$	4,62
[6-7]	$L_{6-7}$	4,62

També és necessari identificar la distància del punt d'aplicació del pes del cos respecte diferents punts de referència, ja que es necessitarà tenir la càrrega localitzada en la simulació. Per tant sabent que el pes està aplicat just al punt mig de la guia, s'obté que respecte el punt 1 el pes es troba a 5,85 m. A més, també és necessari identificar la distància a la que està el pes, respecte a un dels dos extrems de la barra en que està aplicada. Per tant, referenciant el pes respecte al nus 4, s'obté que la càrrega es troba a 1,37 m d'aquest extrem:

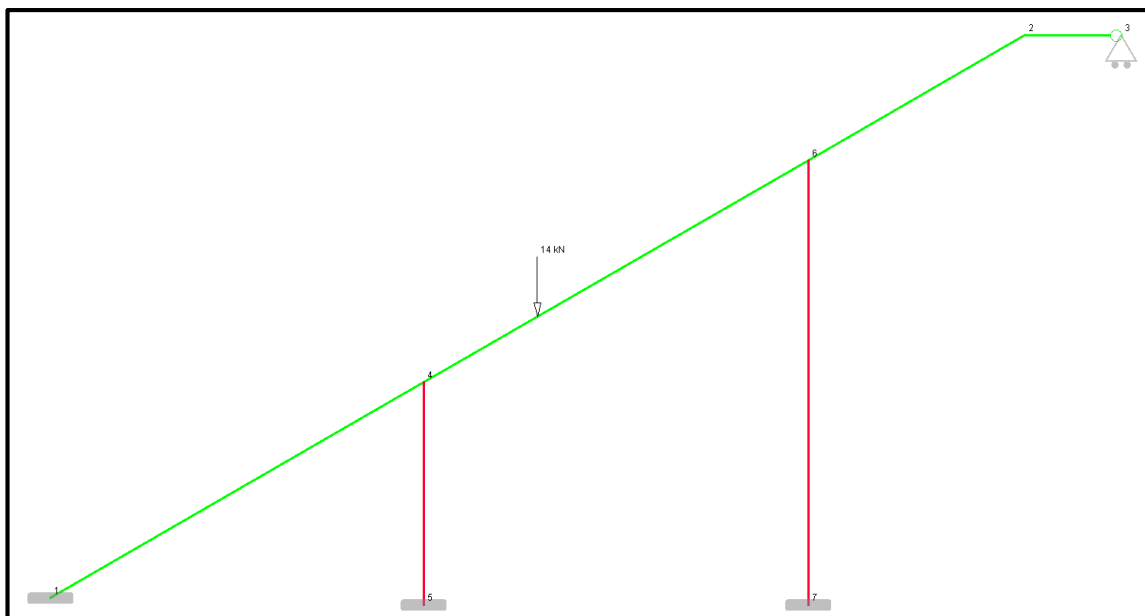
$$L_{guia} = L_{1-4} + L_{4-6} + L_{2-6} = 11,70 \text{ m}$$

$$L_{1-pes} = \frac{L_{guia}}{2} = 5,85 \text{ m}$$

$$L_{4-pes} = L_{1-pes} - L_{1-4} = 1,37 \text{ m}$$

### 2.3.4.2 Resultats obtinguts en la simulació

En la simulació realitzada s'ha introduït l'estructura simplificada, tal com es mostra en la **Fig.2.55**. Com es pot veure s'han diferenciat les barres que formen part de la guia, dels pilars, ja que els dos tenen característiques diferents que ha estat necessari indicar-les en la introducció de dades en la simulació. A més, cal aclarir que no s'ha introduït la secció real de les barres, sinó que s'ha introduït un valor de secció molt alt. Això ha estat necessari, ja que el programa que realitza la simulació, considera el gir dels nusos com una trajectòria circular i no perpendicular a la barra com en els càlculs amb el mètode analític. Introduint una secció molt gran s'aconsegueixen evitar trajectòries circular, i així la simulació i els càlculs realitzats es troben sota les mateixes condicions.



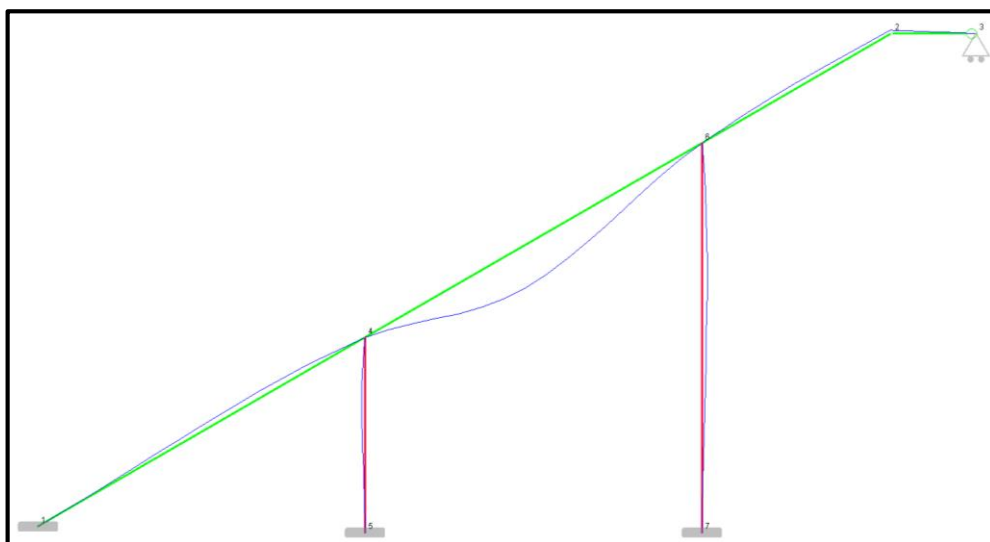
**Fig. 2.55** Estructura introduïda en la simulació. En roig es diferencien els pilars, de la guia representada en color verd.

Els resultats obtinguts d'aquesta simulació, dels desplaçaments i girs, així com es mostren els esforços interns es mostren en la **Fig.2.56**.

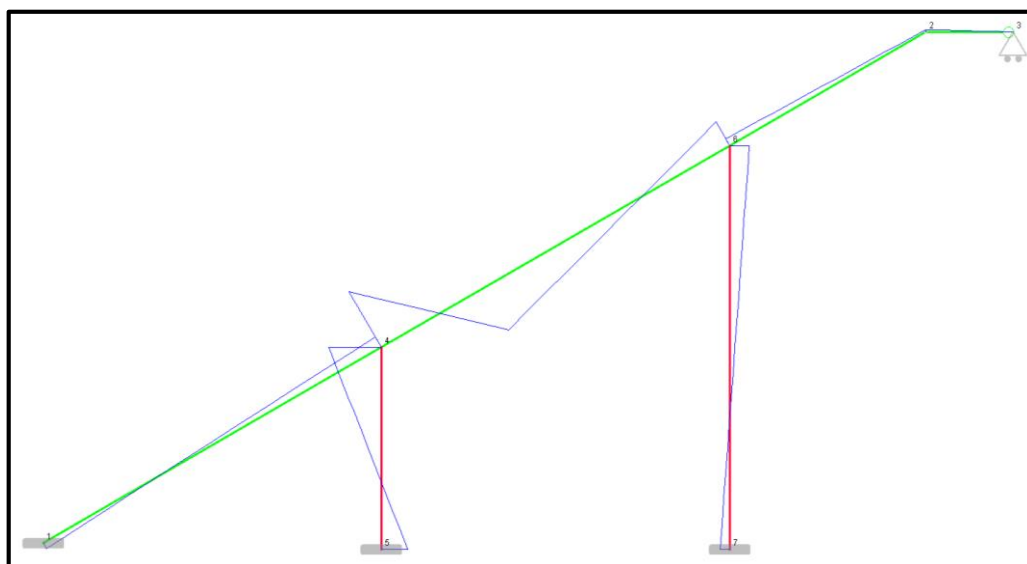
Desplazamientos y esfuerzos										
Desplazamientos				Esfuerzos						
Nudo	Desplaz.X(mm)	Desplaz.Y(mm)	Giro (rad)	Barra	Axil 'Y' (kN)	Esfuerzos cortantes 'Y'	Momentos flectores 'Y'	Axil 'Y' (kN)	Esfuerzos cortantes 'Y'	Momentos flectores 'Y'
1	0	0	0	[1-4]	-3,943	0,457	0,682	-3,943	0,457	-1,364
2	-0,444	0,769	-0,00063	[2-3]	0	-0,28	-0,28	0	-0,28	0
3	-0,444	0	0	[2-6]	0,14	-0,242	0,28	0,14	-0,242	0,909
4	0	0	-0,00232	[4-5]	13,695	3,912	6,024	13,695	3,912	-3,012
5	0	0	0	[4-6]	6,293	-9,447	-7,388	-0,707	2,677	-3,145
6	0	0	0,00172	[6-7]	2,952	-0,726	-2,235	2,952	-0,726	1,118
7	0	0	0							

**Fig. 2.56** Resultats obtinguts de la simulació de l'estructura amb el programa "Barras V.2".

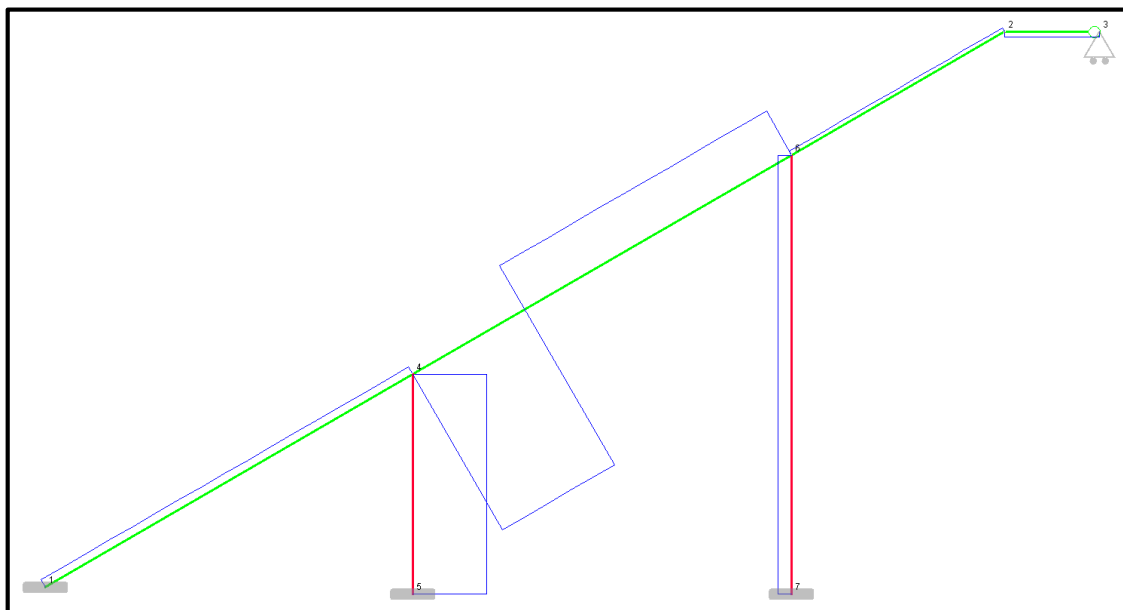
A més, també es pot obtenir de la simulació, la deformació de l'estructura, així com els gràfics de lleis d'esforços de cadascuna de les barres, tal i com es mostra en les figures **Fig.2.57**, **Fig.2.58**, **Fig.2.59** i **Fig.2.60**.



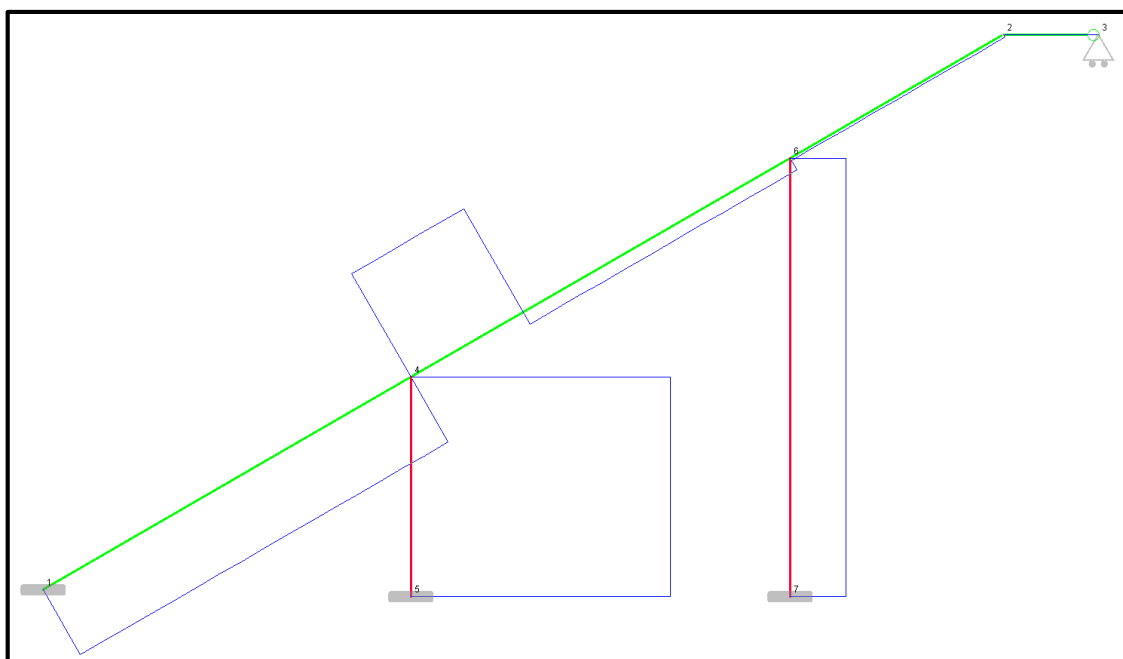
**Fig. 2.57** Representació de la deformació de l'estructura a escala 1:50, obtinguda de la simulació.



**Fig. 2.58** Representació de la llei d'esforços interns dels moments flectors de cadascuna de les barres de l'estructura, a escala 1:10.



**Fig. 2.59** Representació de la llei d'esforços interns dels esforços tallants de cadascuna de les barres de l'estructura, a escala 1:20.



**Fig. 2.60** Representació de la llei d'esforços interns dels esforços axials de cadascuna de les barres de l'estructura, a escala 1:20.

---

#### 2.3.4.3 Anàlisi dels resultats obtinguts

Una vegada obtinguts els resultats de la simulació, s'han extret les següents conclusions:

- Els valors obtinguts dels girs dels nusos són de l'ordre de  $10^{-3}$  radians, valors que són molt petits. Això indica que amb el cos carregat amb el màxim pes, no hi ha perill de que hi hagi un gir excessiu dels nusos de l'estructura que podrien causar la caiguda del cos, o el trencament de l'estructura.
- Els valors obtinguts de la translació dels nusos (que es poden traslladar) són d'aproximadament 0,5 mm en l'eix x i 0,8 mm en l'eix y. Com es pot veure són valors molt petits comparats amb la grandària de l'estructura, per tant també es confirma que no existeix perill de que les barres es traslladin en excés quan suporten la màxima càrrega.
- Els esforços interns obtinguts tampoc són excessivament grans i en principi poden ser aguantats per la fusta sense problemes. Tot i això, és necessari realitzar un estudi de les pressions que es tenen per tal d'assegurar que la fusta les pot resistir i no es produeix cap trencament o deformació de la mateixa.



### 2.3.5 Anàlisi de l'estructura IV: Elevació del cos de 4 metres

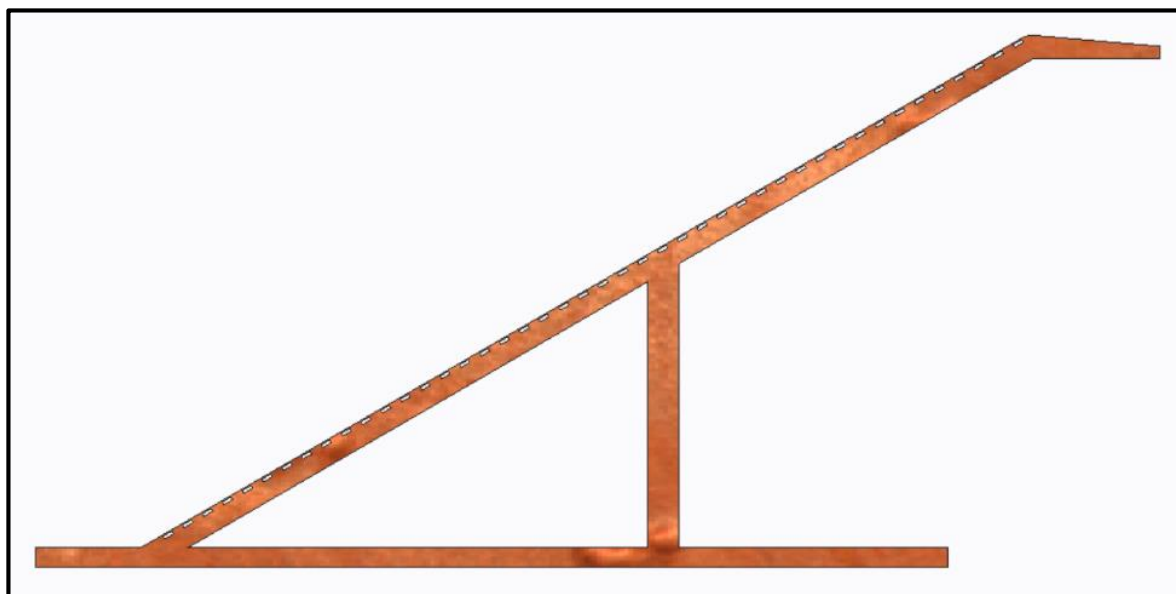
#### 2.3.5.1 Caracterització de l'estructura

Per tal de simplificar l'estructura realitzada i que sigui més senzill estudiar-la, s'ha transformat l'estructura dissenyada que es mostra en la **Fig.2.61**, en una estructura en que es divideix la guia principal en petits trams encastats en diversos nusos juntament el pilar, així com una simplificació dels recolzaments de la guia sobre el terra i la paret, com la que es mostra en la **Fig.2.62**. Com ja s'ha realitzat l'estudi de l'estructura mitjançant el mètode analític, i s'ha vist que els resultats són idèntics als obtinguts en la simulació, s'ha decidit obtenir els resultats directament de la simulació per a l'estructura de 4 m.

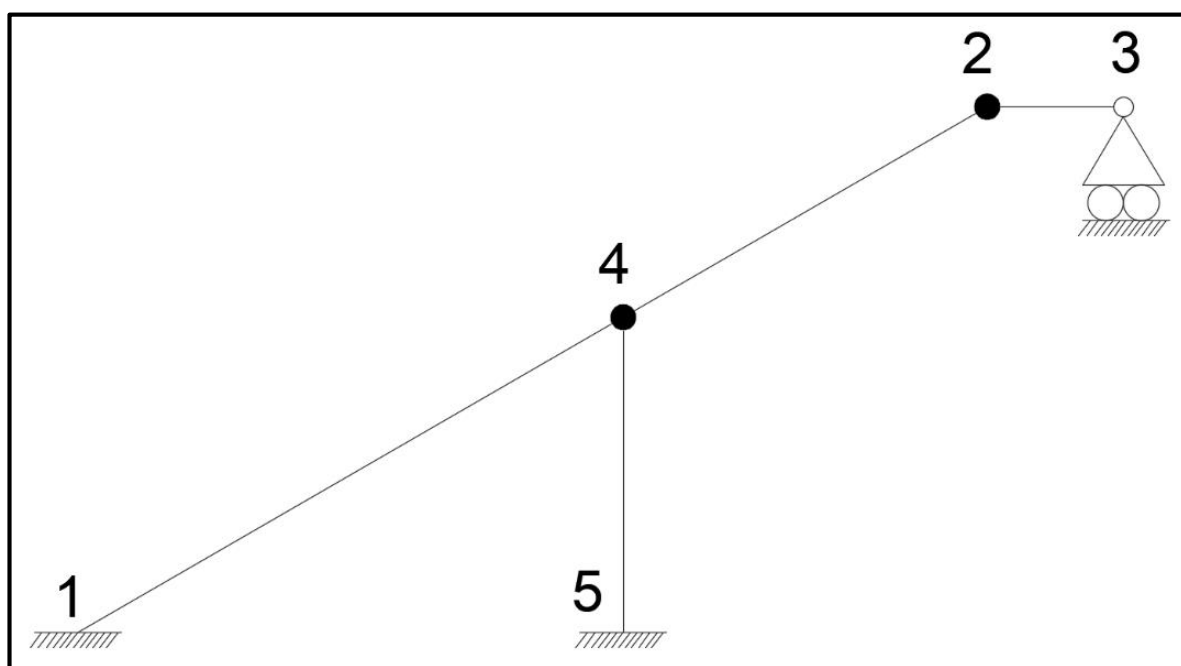
Per tal de poder realitzar la simulació es disposa d'una sèrie de dades relacionades amb el disseny i el material del mateix:

- Les longituds de cada tram, recollits en la **Taula 9**.
- El mòdul d'elasticitat de la fusta, considerat en la direcció radial:  $E = 2.300 \text{ N/mm}^2$
- El moment d'inèrcia de cadascun dels trams sense tenir en compte la seva massa:
  - En els trams de la guia:  $I_G = 2,858 \cdot 10^8 \text{ mm}^4$
  - En el pilar:  $I_P = 6,510 \cdot 10^8 \text{ mm}^4$
- Sabent que la massa total del cos amb la càrrega màxima és de 1.380 kg, s'ha aproximat el pes del cos, situat al centre de la guia, a una càrrega de 14 kN.

S'ha calculat el grau de translacionalitat d'aquesta estructura reticulada mitjançant l'**Eq.17**, ja utilitzada en l'estructura per a 10 m d'alçada, obtenint com a resultat un grau de translacionalitat igual a 1. Tot i que aquesta estructura només compta amb un pilar, a diferència de les altres estructures realitzades, l'equació del càlcul de grau de translacionalitat s'equilibra, i continua donant com a resultat el valor de 1.



**Fig. 2.61** Vista del lateral de l'estructura de la guia utilitzada per elevar el cos a 4 m l'alçada.



**Fig. 2.62** Simplificació de l'estructura de la guia. Es pot veure la divisió de la guia en diferents trams enllaçats pels nusos 4 i 2, així com l'encastament del pilar en el punt 5, i de l'extrem inferior de la guia amb el terra en el punt 1, així com l'extrem superior amb mobilitat horitzontal corresponent a la zona de recolzament amb la paret en el punt 3.



*Taula 9 Longitud dels diferents trams o barres, en que s'ha dividit l'estructura.*

Barra	Nomenclatura	Longitud (m)
[1-4]	$L_{1-4}$	4,48
[2-3]	$L_{2-3}$	1,00
[2-4]	$L_{2-4}$	3,22
[4-5]	$L_{4-5}$	2,31

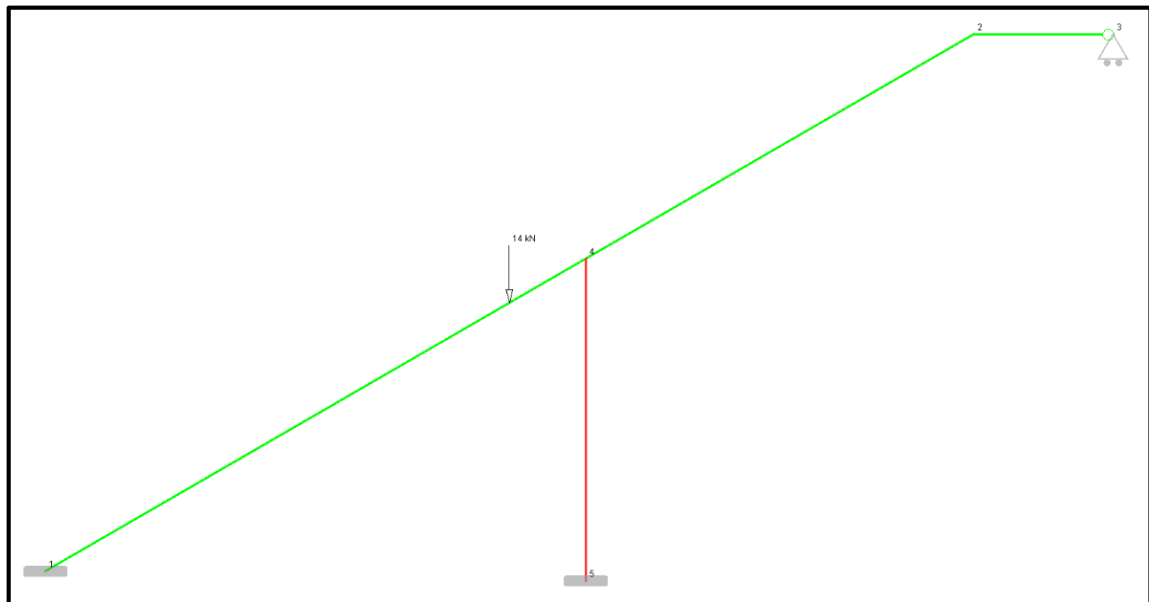
També és necessari identificar la distància del punt d'aplicació del pes del cos respecte diferents punts de referència, ja que es necessitarà tenir la càrrega localitzada en la simulació. Per tant sabent que el pes està aplicat just al punt mig de la guia, s'obté que respecte el punt 1 el pes es troba a 3,85 m. A més, també és necessari identificar la distància a la que està el pes, respecte a un dels dos extrems de la barra en que està aplicada, però com la càrrega es troba sobre la barra 1-4, i ja es coneix la distància respecte l'extrem 1, ja està localitzada.

$$L_{guia} = L_{1-4} + L_{4-6} + L_{2-6} = 7,70 \text{ m}$$

$$L_{1-pes} = \frac{L_{guia}}{2} = 3,85 \text{ m}$$

### 2.3.5.2 Resultats obtinguts en la simulació

En la simulació realitzada s'ha introduït l'estructura simplificada, tal com es mostra en la **Fig.2.63**. Com es pot veure s'han diferenciat les barres que formen part de la guia, dels pilars, ja que els dos tenen característiques diferents que ha estat necessari indicar-les en la introducció de dades en la simulació. A més, cal aclarir que no s'ha introduït la secció real de les barres, sinó que s'ha introduït un valor de secció molt alt. Això ha estat necessari, ja que el programa que realitza la simulació, considera el gir dels nusos com una trajectòria circular i no perpendicular a la barra com en els càlculs amb el mètode analític. Introduint una secció molt gran s'aconsegueixen evitar trajectòries circular, i així la simulació i els càlculs realitzats es troben sota les mateixes condicions.



**Fig. 2.63** Estructura introduïda en la simulació. En roig es diferencien els pilars, de la guia representada en color verd.

Els resultats obtinguts d'aquesta simulació, dels desplaçaments i girs, així com es mostren els esforços interns es mostren en la **Fig.2.64**.

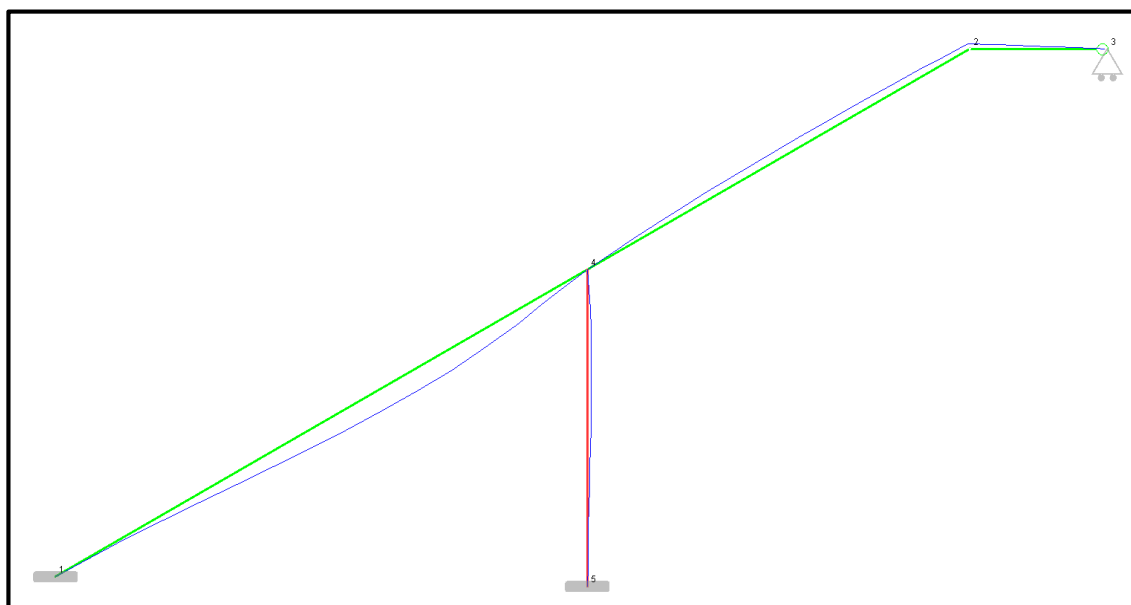
Desplazamientos y esfuerzos

Desplazamientos			
Nudo	Desplaz.X(mm)	Desplaz.Y(mm)	Giro (rad)
1	0	0	0
2	-0,412	0,714	-0,00062
3	-0,412	0	0
4	0	0	0,00155
5	0	0	0

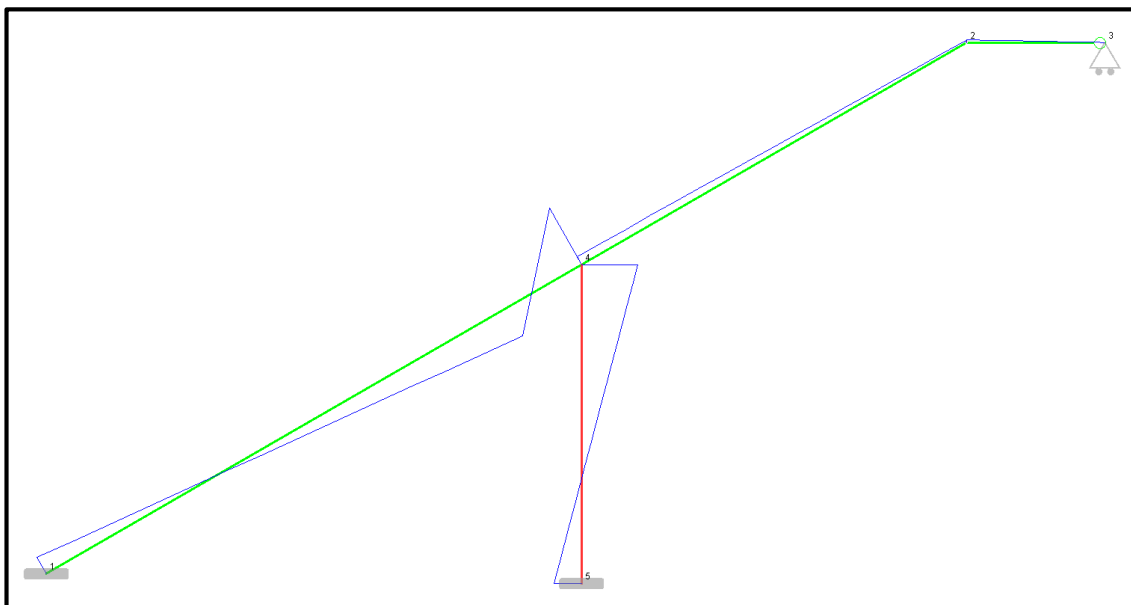
Esfuerzos						
Barra	Axil T (kN)	Esfuerzos cortantes T...	Momentos flectores T...	Axil Y (kN)	Esfuerzos cortantes Y...	Momentos flectores Y...
[1-4]	3,572	-0,957	-1,379	-3,428	11,167	-4,729
[2-3]	0	-0,185	-0,185	0	-0,185	0
[2-4]	0,093	-0,16	0,185	0,093	-0,16	0,702
[4-5]	11,57	-2,615	-4,027	11,57	-2,615	2,014

**Fig. 2.64** Resultats obtinguts de la simulació de l'estructura amb el programa "Barras V.2".

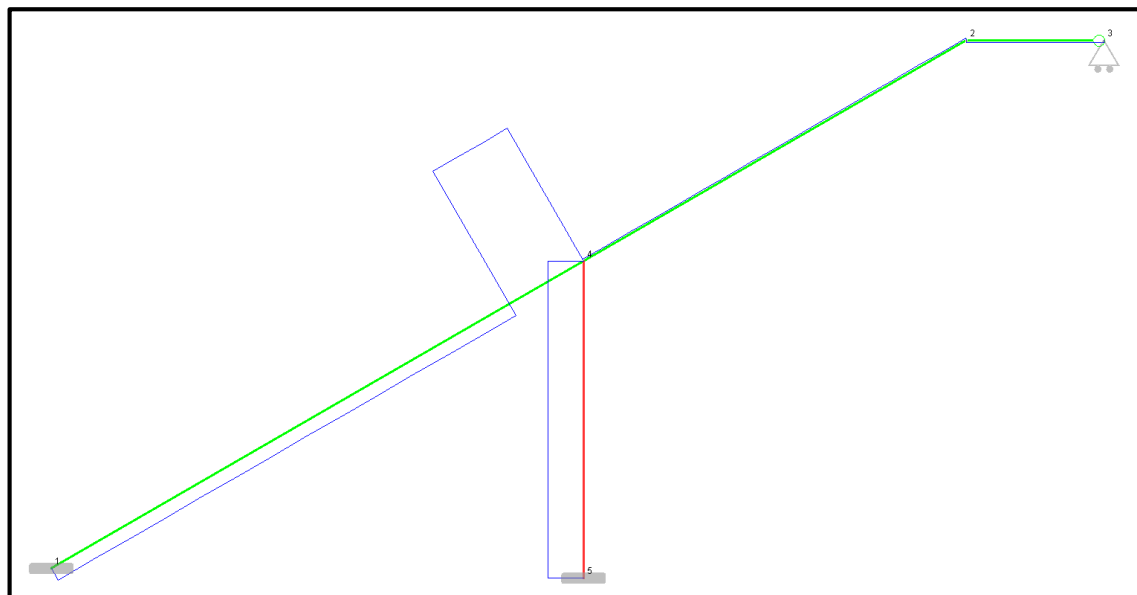
A més, també es pot obtenir de la simulació, la deformació de l'estructura, així com els gràfics de lleis d'esforços de cadascuna de les barres, tal i com es mostra en les figures **Fig.2.65**, **Fig.2.66**, **Fig.2.67** i **Fig.2.68**.



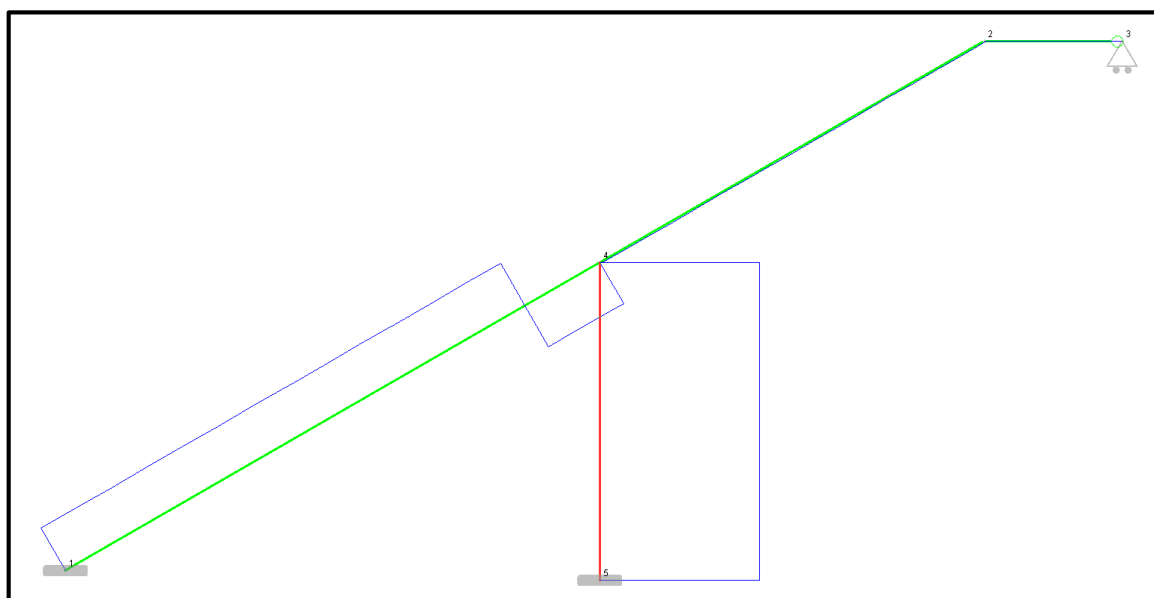
**Fig. 2.65** Representació de la deformació de l'estructura a escala 1:50, obtinguda de la simulació.



**Fig. 2.66** Representació de la llei d'esforços interns dels moments flectors de cadascuna de les barres de l'estructura, a escala 1:10.



**Fig. 2.67** Representació de la llei d'esforços interns dels esforços tallants de cadascuna de les barres de l'estructura, a escala 1:10.



**Fig. 2.68** Representació de la llei d'esforços interns dels esforços axials de cadascuna de les barres de l'estructura, a escala 1:10.

---

### 2.3.5.3 Anàlisi dels resultats obtinguts

Una vegada obtinguts els resultats de la simulació, s'han extret les següents conclusions:

- Els valors obtinguts dels girs dels nusos són de l'ordre de  $10^{-3}$  radians, valors que són molt petits. Això indica que amb el cos carregat amb el màxim pes, no hi ha perill de que hi hagi un gir excessiu dels nusos de l'estructura que podrien causar la caiguda del cos, o el trencament de de la mateixa.
- Els valors obtinguts de la translació dels nusos (que es poden traslladar) són d'aproximadament 0,4 mm en l'eix x i 0,7 mm en l'eix y. Com es pot veure són valors molt petits comparats amb la grandària de l'estructura, per tant també es confirma que no existeix perill de que les barres es traslladin en excés quan suporten la màxima càrrega.
- Els esforços interns obtinguts tampoc són excessivament grans i en principi poden ser aguantats per la fusta sense problemes. Tot i això, és necessari realitzar un estudi de les pressions que es tenen per tal d'assegurar que la fusta les pot resistir i no es produeix cap trencament o deformació de la mateixa.







### **3. PLEC DE CONDICIONS**



## ÍNDEX DEL PLEC DE CONDICIONS

<b>3.</b>	<b>PLEC DE CONDICIONS.....</b>	<b>207</b>
3.1	OBJECTIU DEL PLEC DE CONDICIONS .....	209
3.2	BREU DESCRIPCIÓ DEL DISPOSITIU .....	209
3.3	REGLAMENTACIÓ I NORMATIVA APLICABLE.....	210
3.3.1	Components de seguretat .....	210
3.3.2	Qualitat del producte .....	210
3.3.3	Recomanacions i normes de no obligat compliment.....	210
3.4	CONDICIONS TÈCNIQUES I ESPECIFICACIONS DELS MATERIALS .....	211
3.4.1	Fusta d'abet .....	211
3.4.2	Fusta de pi .....	212
3.4.3	Adhesiu industrial .....	213
3.4.4	Definició del material de la simulació.....	214
3.5	PROCÉS DE PRODUCCIÓ DEL DISPOSITIU .....	216
3.5.1	Primera zona de treball.....	217
3.5.2	Segona zona de treball.....	219
3.5.3	Tercera zona de treball .....	220
3.6	RESPONSABILITATS.....	221
3.7	PROPIETAT INTEL·LECTUAL .....	222
3.8	GARANTIA .....	223
3.9	CONDICIONS ECONÒMIQUES .....	224
3.9.1	Condicions de pagament .....	224
3.9.2	Augment de preus.....	224
3.9.3	Contribució i impost.....	224

### 3.1 OBJECTIU DEL PLEC DE CONDICIONS

El plec de condicions té com a missió establir les condicions tècniques, econòmiques, administratives, facultatives i legals per a que l'objectiu del projecte pugui materialitzar-se en les condicions especificades, evitant possibles interpretacions diferents de les desitjades.

### 3.2 BREU DESCRIPCIÓ DEL DISPOSITIU

El dispositiu dissenyat, es una millora i ampliació d'un prototip creat per elevar càrregues pesades. El nou disseny busca poder aixecar més pes que el disseny original, i que pugui ser utilitzat per quatre persones en comptes de dos, de manera que hi hagi una millor repartició de la càrrega que ha d'aixecar cada operari.

El dispositiu funciona amb un mecanisme que fa elevar el cos del mateix amb la càrrega, a través d'una guia. El gir de la palanca realitzat per cada operari, es transmet al dispositiu fent-lo avançar sobre unes llesques que contacten entre cos i guia, les quals tenen una forma que permeten enclavar el cos a la guia, una vegada s'ha superat una llesca. El punt de gir de la palanca es sobre un altre tipus de llesques situades també en la guia. D'aquesta manera llesca a llesca, es pot anar elevant el cos.

El nou disseny també implica tenir que dissenyar una nova guia basada en la del prototip original. El disseny final no contempla un ajust de l'altura que es vol pujar amb la guia, de manera que per a cada altura que es vulgui pujar, és necessari fabricar una nova guia, o si més no, adaptar una utilitzada anteriorment. Les alçades que s'han normalitzat són de 4 m, 6 m, 8 m i 10 m, de manera que es pot accedir a aquestes altures, i de manera no tant eficient a altres altures entre aquests valors. La guia es sostinguda amb una estructura formada per dos o quatre pilars (depenent de la longitud de la guia), enclavats en una base. La guia sempre treballa en un angle de 30°, respecte la horitzontal.

L'objectiu d'aquest nou disseny és crear un dispositiu que sigui funcional i econòmic, per a ser utilitzat en la fabricació d'habitatges o altres construccions, en països subdesenvolupats, que no disposin de la maquinaria necessària. A més també es busca que sigui un dispositiu útil en altres camps, com pot ser en la construcció en zones de difícil accés, o en zones afectades per guerres o desastres naturals.

### 3.3 REGLAMENTACIÓ I NORMATIVA APLICABLE

L'ús del dispositiu s'haurà de fer de manera que es compleixi tota la legislació vigent internacional, nacional i comunitària en matèria de Prevenció de Riscos Laborals (Llei 31/1995).

#### 3.3.1 Components de seguretat

- Les màquines, mecanismes, prototips i espais de treball han de satisfer el R.D.1435/1992, referents a la manipulació manual de càrregues, i als components que han de garantir la seguretat en la màquina o prototip.
- En màquines i prototips s'ha de satisfer el R.D.1215/1997, referent a les disposicions mínimes de seguretat i salut en els equips de treball.
- Directiva 2006/42 CE, referent a requeriments de seguretat essencials establerts per a màquines i prototips.

#### 3.3.2 Qualitat del producte

- Les màquines i prototips que s'han de fabricar en un sistema o cadena de producció, han de satisfer la Llei de la Indústria 21/1992, referent a la regulació de paràmetres relacionats amb la seguretat i la qualitat dels productes.

#### 3.3.3 Recomanacions i normes de no obligat compliment

- Assegurar el contacte inicial de les lleves del cos i de la guia abans d'iniciar l'ascensió.
- Buscar sempre el contacte entre palanca i lleva de la zona posterior de l'orella, per assegurar el correcte enclavament de la palanca en la lleva de gir de la guia.
- Disposar d'operaris tibant de les cordes lligades als mànecs de les orelles, per ajudar en la etapa d'ascensió, així com de gir del cos al arribar a la part superior.
- Utilitzar un sistema de bastides als laterals de la guia, per a que els operaris de les palanques puguin ascendir juntament amb el cos, a mesura que puja per la guia.
- Es desaconsella l'ús del dispositiu en condicions meteorològiques desfavorables, especialment amb pluja o vent. L'ús quan es tenen condicions de neu queda totalment prohibit.

---

## 3.4 CONDICIONS TÈCNIQUES I ESPECIFICACIONS DELS MATERIALS

### 3.4.1 Fusta d'abet

S'ha utilitzat la fusta d'abet, més concretament fusta d'abet blanc, per la fabricació del cos, la palanca i les lleves tant del cos com de la guia. Les característiques d'aquest material seleccionat són:

- Material ortotròpic, lo qual implica propietats diferents segons la direcció de les fibres.
- Densitat de  $460 \text{ kg/m}^3$  (fusta lleugera).
- Duresa d'1,5 (fusta tova).
- Fusta persistent, sense tendència a doblegar-se.
- Propietats tecnològiques:
  - Molt bona resposta al procés de serrat.
  - Bona resposta al clavat.
  - Bona resposta al cargolat.
  - Molt bona resposta al encolat.
  - Bon acabat.
- Propietats mecàniques en la fusta lliure de defectes (amb la fibra en la direcció de treball):
  - Resistència a la flexió: 69,63 MPa.
  - Resistència a la compressió: 44,13 MPa.
  - Resistència a la tracció: 63,74 MPa.
  - Mòdul d'elasticitat: 10.787,32 MPa.
- Característiques de l'albeca: entre blanca i groga.
- Característiques del duramen: entre blanc grogós i blanc vermell.
- Característiques de la fibra: Recta.
- Característiques del gra: Fi.
- Singularitats: Nusos petits, sans, aïllats i molt abundants.
- Durabilitat: No durable enfront de fongs i insectes.
- Impregnabilitat:
  - Albeca: Entre 3 i 6 mm.
  - Duramen: Inferior a 3 mm.
- Utilització: fusteria interior, xapes decoratives, mobiliari, fusta laminada i encolada, etc.

---

### 3.4.2 Fusta de pi

S'ha utilitzat la fusta de pi, més concretament pi d'Oregó, per la fabricació de les barres transversals, la guia i l'estructura que la sustenta. Les característiques d'aquest material seleccionat són:

- Material ortotròpic, lo qual implica propietats diferents segons la direcció de les fibres.
- Densitat de  $510 \text{ kg/m}^3$  (fusta lleugera).
- Duresa de 2,45 (semi-dura).
- Fusta persistent, sense tendència a doblegar-se.
- Propietats tecnològiques:
  - Bona resposta al procés de serrat.
  - Bona resposta al clavat.
  - Bona resposta al cargolat.
  - Bona resposta al encolat.
  - Bon acabat.
- Propietats mecàniques en la fusta lliure de defectes (amb la fibra en la direcció de treball):
  - Resistència a la flexió: 84,34 MPa.
  - Resistència a la compressió: 51,48 MPa.
  - Resistència a la tracció: 91,20 MPa.
  - Mòdul d'elasticitat: 12.552,51 MPa.
- Característiques de l'albeca: groc clar.
- Característiques del duramen: marró grogós amb anells molt marcats.
- Característiques de la fibra: Recta.
- Característiques del gra: Fi.
- Singularitats: Canals resinosos abundants i bosses de resina. Nusos pegallosos.
- Durabilitat: No durable enfront de fongs i insectes.
- Impregnabilitat:
  - Albeca: Entre 3 i 6 mm.
  - Duramen: Inferior a 3 mm.
- Utilització: fusteria exterior, xapes decoratives, mobiliari, taulells contraxapats, etc.



### 3.4.3 Adhesiu industrial

Gran part dels elements que formen el cos, s'uneixen mitjançant un adhesiu que asseguri la correcta unió entre peces i suporti les condicions de treball. Per aquest projecte s'ha triat la cola industrial "Type-22" de la marca "Bakar" la qual és un compost aconseguit a partir d'acetat de polivinil modificat convenientment. Aquesta cola s'utilitza en treballs d'alta responsabilitat en fusteria en assemblatges i solapats, així com en bricolatge. Les característiques tècniques d'aquesta cola són:

- Material base utilitzat: Acetat de polivinil.
- Viscositat de Brookfield (RVT h=6, 20 r.p.m, a 22/25 °C): 140/180 poises.
- Densitat: 1,18 g/cm<sup>3</sup>.
- Temps d'obertura (Pel·lícula 120 micres sobre aglomerat, a 20 °C i 65% H.R.): 14/15 min.
- Temps de pressió (pot variar en funció de la fusta): Mínim 40 min.
- Velocitat de forjat:
  - 30 min amb una pressió de 3,5 N/mm<sup>2</sup>.
  - 60 min amb una pressió de 6,5 N/mm<sup>2</sup>.
  - 24 h amb una pressió de 13,5 N/mm<sup>2</sup>.
- Punt blanc: 3/4 °C.
- Aspecte de la pel·lícula seca: Translúcida i flexible.
- Toxicitat i inflamabilitat: Nul·la.
- Color: Blanc.
- Mode d'utilització:
  - Aplicació mitjançant rodet encolador, injector o brotxa.
  - Els materials a encolar han d'estar nets i extints de grassa o resina.
  - És indispensable que la humitat dels materials a encolar estigui entre el 8/12 % H.R.
  - Agitar a fons el producte, sempre que es vagi a utilitzar.
  - Neteja dels utensilis mitjançant aigua.
- Conservació:
  - Fins a un any d'emmagatzematge a temperatura 10/20 °C.
  - Tancar els envasos després del seu ús.
  - Preservar l'adhesiu de altes i baixes temperatures.

### 3.4.4 Definició del material de la simulació

En el modelat i simulació del dispositiu ha estat necessari assignar un conjunt de paràmetres per definir el material de les peces i conjunts modelats. Tot i que anteriorment s'ha explicat que s'ha considerat fusta d'abet per la fabricació del cos, les lleves i les palanques, mentre que la fusta de pi s'ha triat per la producció de la guia i l'estructura que la sustenta; en el programa de simulació únicament s'ha considerat que totes les peces són del mateix material.

Aquesta simplificació s'ha realitzat per evitar llargues esperes de processament de la simulació en el programa, així com també per fer una simulació més àgil i ràpida. Ja que els dos únics materials que s'utilitzen són dos fustes bastant semblants, s'ha considerat que a efectes pràctics, no es té grans diferències de simular el mecanisme amb un material que amb l'altre, i més tenint en compte que no s'ha realitzat cap estudi de deformació de les peces degut als esforços que es tenen, sinó que només han sigut estudis dinàmics i d'equilibri, per assegurar el correcte funcionament del mecanisme.

Per tant, el material que s'ha creat s'ha nombrat com a "FUSTA" i s'han triat valors mitjans entre la fusta de pi i d'abet per crear aquest material virtual. Els paràmetres que ha estat necessari introduir són els següents:

- Densitat:  $460 \text{ kg/m}^3$ .
- Simetria estructural: Material ortotròpic amb propietats mecàniques i tèrmiques independents en les tres direccions perpendiculars:
  - Direcció 1: Eix longitudinal paral·lel a la direcció del gra.
  - Direcció 2: Eix tangencial als anells de creixement.
  - Direcció 3: Eix radial que segueix la direcció dels anells de creixement.
- Mòdul de Young (mòdul d'elasticitat longitudinal): Paràmetre que caracteritza el comportament d'un material elàstic segons la direcció en que s'aplica la força. Per a materials ortotròpics, existeixen tres constants elàstiques, en funció de la direcció:
  - $E_1 = 13.300 \text{ MPa}$
  - $E_2 = 1.600 \text{ MPa}$
  - $E_3 = 2.300 \text{ MPa}$
- Mòdul de cisallament (mòdul d'elasticitat transversal): Constant elàstica que caracteritza el canvi de forma que experimenta un material elàstic. En materials ortotròpics es poden diferenciar tres mòduls de cisallament en funció de la direcció:

- $G_{12}=1.350 \text{ MPa}$
- $G_{13}=1.100 \text{ MPa}$
- $G_{23}=250 \text{ MPa}$
- Coeficient de Poisson: Constant elàstica que proporciona una mesura de l'estretament de secció d'un prisma de material elàstic lineal isotròpic, quan s'estirà longitudinalment i s'aprima en les direccions perpendiculars a l'estretament. Per als materials ortotròpics és defineix com el coeficient entre la deformació unitària longitudinal i la deformació unitària transversal, depenent de la direcció d'estirament:
  - $\nu_{12}=1,23$
  - $\nu_{13}=0,0552$
  - $\nu_{23}=0,314$
- Coeficient de dilatació tèrmica: Mesura el canvi relatiu de longitud o volum, al canviar de temperatura. En materials ortotròpics, depèn de la direcció:
  - $\alpha_1=6,4339 \cdot 10^{-3} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$
  - $\alpha_2=6,4339 \cdot 10^{-3} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$
  - $\alpha_3=6,4339 \cdot 10^{-3} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$
- Calor específica: Quantitat de calor que s'ha de subministrar a una massa, per elevar la temperatura en una unitat:
  - $C_p=2.720 \text{ J/kg}\cdot\text{K}$  ( $T^a$  ambient de  $20 \text{ }^{\circ}\text{C}$ )
- Conductivitat tèrmica: Propietat física dels materials que mesura la capacitat de conducció de calor. En la fusta la conductivitat tèrmica és relativament baixa degut a la seva porositat. A més és una propietat que també depèn de la direcció de la fibra, en els materials ortotròpics:
  - $\lambda_1=0,22 \text{ mW/mm}\cdot^{\circ}\text{C}$
  - $\lambda_2=0,01 \text{ mW/mm}\cdot^{\circ}\text{C}$
  - $\lambda_3=0,14 \text{ mW/mm}\cdot^{\circ}\text{C}$
- Coeficient de fricció estàtica màxima entre fusta i fusta:
  - $\mu_s=0,7$
- Coeficient de fricció dinàmica entre fusta i fusta:
  - $\mu_k=0,4$

### 3.5 PROCÉS DE PRODUCCIÓ DEL DISPOSITIU

Aquest apartat busca donar idea de com es vol que sigui el procés de producció del mecanisme amb tots els seus elements, per tal de que sigui d'una manera òptima, sense grans pèrdues de temps, i amb el major estalvi econòmic. Tot i això, es deixa llibertat al fabricant encarregat del projecte, per modificar el procés descrit si ho creu convenient segons la maquinaria o distribució de la mateixa que tingui en la fàbrica, o bé si considera algun canvi necessari per reduir temps o costos.

Cal aclarir que aquest mecanisme no està pensat per ser produït a gran escala, sinó que principalment està ideat per a que sigui senzill de fabricar manualment i amb pocs recursos. Tot i això s'ofereix aquesta organització de la producció per si es volgués produir en cadena.

El procés productiu que es vol realitzar consta d'un treball paral·lel en tres zones de treball. En una zona es realitzarà totes les accions referents al cos, com és el mecanitzat de les diferents peces, i l'assemblatge de les mateixes. En la segona es realitzarà la fabricació de la guia i l'estructura que la suporta. I la tercera s'encarrega de la producció de les lleves necessàries per a la guia i per al cos, així com de la fabricació de les palanques i les barres transversals.

En els carrils de la guia de les estructures per arribar a elevacions de 10 m, 8 m, 6 m i 4 m s'exigeixen longituds molt llargues, les quals són molt difícils d'obtenir directament del processat o del mercat de la fusta. Per aquest motiu, és necessari unir diferents peces de fusta per formar el carril de les guies i així arribar a la longitud requerida.

En aquestes estructures nombrades, es decideix que la unió d'aquestes peces es farà en els punts coincidents amb els pilars on les longituds són de entre 4 m i 7 m, les quals sí que són valors més estandarditzats i senzills d'obtenir en el comerç, o en la producció de fusta.

La unió consistirà en l'enclavament de les dos peces de fusta que formen el carril, la qual es reforça amb adhesiu industrial. Per la part posterior d'aquest carril s'unirà el pilar corresponent, amb l'enclavament dels seus suports i reforçant la unió amb adhesiu. El pilar també s'unirà a la base de la mateixa manera. D'aquesta manera s'aconsegueix una bona fixació entre les diferents peces que formen els carrils de la guia, i es té un encastament dels pilars a la guia i a la base, tal com s'ha considerat en l'anàlisi estructural de la guia.

Aquesta observació ha estat necessària ja, que a part de la guia, la resta d'elements del dispositiu es poden fabricar a partir de peces de fusta comercial, on les dimensions no són tan excessives com en el cas de les diferents guies dissenyades, on sí que és més difícil trobar les dimensions que es mostren en els plànols.

### 3.5.1 Primera zona de treball

Es recomana que l'ordre de producció en la primera zona sigui el següent:

- Serrat i polit dels troncs i blocs de fusta en blocs reduïts amb dimensions aproximades a la cara i els dos laterals que formen la base del cos.
- Mecanitzat dels laterals i la cara central per detallar les dimensions indicades en els plànols.
- Neteja i polit final de les tres peces que formen la base.
- Unió de les tres peces mitjançant l'adhesiu industrial seleccionat i claus de 80 mm de longitud. La unió es realitza a través dels dos extrems llargs de la part central que queden units amb la zona plana dels dos laterals. Per tal d'assegurar aquesta unió s'utilitza una doble filera de claus en cada lateral, utilitzant en total de 68 claus (17 claus en cada filera amb separació de 10 cm entre cadascun). Deixar assecar el pegament durant 60 min com a mínim.
- Serrat i polit de la fusta en blocs en blocs de dimensions aproximades a les mostrades per a les orelles en els plànols.
- Mecanitzat dels blocs fins arribar a les dimensions exactes de les orelles. Donar les curvatures superiors i inferiors de l'orella. Realització dels dos forats per on passa la palanca.
- Neteja i polit final de les orelles. Unió dels mànecs a cadascuna de les orelles mitjançant l'adhesiu seleccionat i 1 clau de 60 mm en la part inferior del mànec (utilitzant un total de 4 claus per als 4 mànecs). En els plànols es mostra la posició en que s'ha de col·locar els mànecs de les orelles.
- Passat el temps de repòs del pegament de les tres peces que formen la base, es realitza la unió entre aquestes i les dos orelles mitjançant l'adhesiu industrial. La posició de les orelles respecte la base del cos, es mostra en els plànols. Es deixa assecar el pegament durant 60 min com a mínim.

- Mecanitzat de xapes i làmines de fusta fins aconseguir aproximació a les dimensions de cadascuna de les peces que formen la safata. La safata està formada per tres peces: la base, els suports i el recipient, i les tres es produeixen per separat i s'uneixen posteriorment.
- La base és una única peça rectangular amb un petit recolzament per la part inferior, que s'uneix directament a la cara central de la base del cos. Un cop passat el temps de repòs de la unió de cos i orelles, s'uneix aquesta base de la safata mitjançant adhesiu i 8 claus de 80 mm, separats cada 10 cm.
- Seguidament es muntà el suport de la safata el qual disposa de dos "potes" que descansen sobre la part inferior dels laterals de la base del cos, i s'uneixen per l'altre extrem formant una "U" que suporta la safata. Per tant, s'utilitza adhesiu i 4 claus de 70 mm, en cada pota d'aquesta peça de la safata, per unir-la als laterals de la base del cos. L'extrem en que s'uneixen les dos "potes" utilitza un total de 8 claus de 50 mm, per unir la base de la safata amb el suport.
- S'utilitza l'adhesiu industrial i 12 claus de 50 mm per unir les tres xapes de fusta per els seus extrems llargs (utilitzant un total de 24 claus), formant una caixa sense base ni tapa, i amb un costat obert. De nou es fa servir l'adhesiu per enganxar el recipient format a la base de la safata, i per el cantó obert s'uneix a la cara central de la base del cos. Es necessari esperar un mínim de 60 min a que reposi l'adhesiu.
- Per últim s'utilitza l'adhesiu per fixar les subjeccions inferiors i superiors que han sigut prèviament tallades i mecanitzades d'acord als plànols. Aquestes són fixades per la part posterior de la cara central del cos i s'espera a que quedi totalment enganxada. Al mateix temps s'utilitza l'adhesiu per enganxar les lleves del cos, fabricades en la tercera zona de treball, de manera que s'utilitzaran deu lleves a cada lateral, i s'esperarà a que quedin enganxades.
- Un cop realitzat aquest procés es necessari realitzar una última neteja i polit del cos, i afegir els tractaments corresponents a la fusta, per protegir-la d'agents externs i millorar la seva estètica i qualitat.
- Per últim és necessari que el cos passi per unes proves de control de qualitat, per assegurar-se que totes les peces han quedat correctament unides i que el dispositiu és segur per a ser utilitzat.

### 3.5.2 Segona zona de treball

Es recomana que l'ordre de producció en la segona zona de treball sigui el següent:

- Serrat dels troncs i barres de fusta per aconseguir un bloc de les dimensions aproximades de la guia (la longitud d'aquesta depèn de l'alçada que es vulgui superar). Mecanitzat del bloc per tal de detallar les dimensions de la guia fins aconseguir els valors descrits en el plànol. Realització dels forats interiors, els forats per les barres transversals al llarg de la guia, i les cavitats per l'emplaçament de les lleves. Neteja i polit de la guia un cop finalitzat el mecanitzat.
- Serrat i mecanitzat de troncs per aproximar-los a les dimensions dels pilars que sustenten la guia. Mecanitzat en detall per assegurar les dimensions dels pilars descrites en els plànols. Neteja i polit dels pilars un cop finalitzada la mecanització.
- Serrat i mecanitzat de taulells de fusta per aproximar-los a les dimensions de la base de l'estructura sustentadora. Mecanitzat en detall per aconseguir les dimensions descrites en els plànols de la mateixa base. Netejat i polit de la base un cop finalitzada la mecanització.
- Unió de la base amb els pilars mitjançant l'adhesiu industrial i claus. S'utilitzaran 4 claus de 80 mm en cada base de pilar, de manera que per les guies d'elevació a 10 m, 8 m i 6 m, es necessitaran 16 claus de 80 mm (ja que tenen 4 pilars), mentre que les guies d'elevació a 4 m necessitaran 8 claus de 80 mm (ja que només tenen 2 pilars).
- Per últim es fa la unió dels pilars i la base juntament amb la guia. L'extrem inferior de la guia s'uneix a la base mitjançant l'adhesiu industrial i 4 claus de 80 mm. Els pilars s'uneixen a la guia, igual que a la base, amb 4 claus de 80 mm per pilar. De manera que faran falta 16 claus de 80 mm per a les guies de 10 m, 8 m, i 6 m d'elevació, mentre que les de 4 m, només necessiten en total 8 claus de 80 mm. Es necessari espera un mínim de 2 h, per que reposi i s'assequi l'adhesiu.
- Per últim és necessari aplicar un tractament superficial que protegeixi l'estructura, prèviament havent-la netejat i polit definitivament. A més és necessari realitzar les comprovacions de qualitat i assegurar que tots els components de la guia estan correctament units i l'estructura és totalment segura.



### 3.5.3 Tercera zona de treball

Es recomana que l'ordre de producció en la tercera zona sigui el següent:

- Serrat de blocs de fusta en blocs més petits que serveixin de base per mecanitzar-lo i fabricar les lleves a partir d'aquests. Netejat i polit inicial dels blocs de fusta reduïts per iniciar el mecanitzat.
- És recomanable disposar de tres línies de treball paral·leles en aquesta zona de treball, de manera que una s'encarregui de la producció de les lleves **Tipus-I**, una altra de les lleves **Tipus-II** del cos, i la última de la producció de les lleves **Tipus-II** de la guia.
- La fabricació dels tres tipus de lleves és molt semblant, les tres necessiten d'un mecanitzat detallat, ficant especial atenció a complir amb les toleràncies indicades en els plànols. Especialment és necessari tenir cura amb les lleves **Tipus-II** de la guia, que han d'assegurar una continuïtat al llarg de l'elevació del cos.
- Un cop aquestes són fabricades, són tractades superficialment contra agents externs després de ser netejades i polides. Per últim les que són corresponents a la guia es munten en la posició corresponent, mentre que les del cos, són enviades a la primera zona de treball per a unir-les al cos del dispositiu.
- A més d'aquestes tres línies, es recomana tenir un grup encarregat de la producció de les palanques i les barres transversals a partir del mecanitzat de barres de fusta de dimensions mitjanes. D'aquesta manera és possible comprovar el correcte funcionament de les palanques amb les lleves en la mateixa cadena de producció, així com el correcte ajust de les lleves de la guia en la barra transversal.
- La fabricació de les palanques i les barres transversals és molt semblant, amb la diferencia de que les palanques necessiten un extrem amb gran detall i mecanitzat correctament, per complir amb les toleràncies descrites en el plànol, i que encaixi correctament amb les Lleves **Tipus-I**.
- Un cop acabades de fabricar les barres i les palanques, les dos són tractades superficialment per protegir-les dels agents externs, després de haver-les netejat i polit.
- Per últim es recomana realitzar una comprovació de que totes les lleves i palanques que són produïdes, compleixin amb les toleràncies i amb la qualitat especificada en els plànols. És essencial que no tinguin grans desviacions respecte les dimensions definides, ja que han d'assegurar la continuïtat en l'elevació del cos, i un petit error en les dimensions d'aquestes, podria fer caure el cos en mitat de l'aixecament del mateix.

---

## **3.6 RESPONSABILITATS**

Serà responsabilitat del fabricant si no s'utilitzen els materials adequats, en contra de la qualitat definida en aquest projecte per al dispositiu.

Si un cop es fabriqué el dispositiu i en el cas de produir-se un mal funcionament d'aquesta, sempre d'acord amb les especificacions descrites en aquest projecte, la responsabilitat recaurà sobre el fabricant, dins el període de garantia.

Si l'usuari ho creu convenient, està capacitat per exigir al fabricant el correcte funcionament de l'equip, obligant al fabricant a la seva substitució o correcció de les peces o de tot el dispositiu complert en cas necessari.

Si l'usuari realitza pel seu propi compte alguna reparació en el període de garantia es pot perdre la garantia del dispositiu.

És responsabilitat del fabricant, el que es compleixin totes les normes de seguretat en els processos de fabricació del dispositiu, a fi d'evitar accidents derivats d'alguna negligència en el disseny o en la posterior fabricació. De la mateixa manera el fabricant del dispositiu està obligat a proveir-se dels permisos i llicències que acreditin la seva capacitat i facultat per a realitzar aquesta feina.

El fabricant té dret a que se li proveeixi tots el plànols que es considerin necessaris per l'execució del projecte, amb l'autorització prèvia de l'enginyer director.

### **3.7 PROPIETAT INTEL·LECTUAL**

Tots els estudis, croquis, impresos i en general tota la documentació tècnica i administrativa és propietat intel·lectual exclusiva de l'empresa del fabricant i d'acord amb la legislació vigent no podrà ser utilitzada sense l'autorització per escrit del fabricant.

La reproducció parcial o total de la documentació referent al dispositiu, serà perseguida per la llei. Les persones que copiïn total o parcialment aquesta informació, seran rigorosament sancionades.

No es podran realitzar modificacions en el projecte original que no siguin autoritzades per escrit pel fabricant.

### **3.8 GARANTIA**

L'empresa fabricant garanteix el correcte funcionament de tots els elements que componen el dispositiu (condicionat a un muntatge de tots els elements, segons les especificacions) durant el període de dos anys, a partir del lliurement del mateix, contra qualsevol defecte de fabricació o muntatge, degudament comprovat.

Aquesta garantia inclou únicament la substitució de les peces o elements que resultin defectuosos.

L'empresa del fabricant no es responsabilitzarà, sota cap circumstància, de les conseqüències que es poden derivar d'una intrusió de l'usuari.

No estan incloses en la garantia els desperfectes o averies per desgast normal, o negligència en la utilització i manipulació del dispositiu.

---

## 3.9 CONDICIONS ECONÒMIQUES

### 3.9.1 Condicions de pagament

En el contracte realitzat entre el fabricant i el comprador, i d'acord amb el projecte, es fixarà l'import total del dispositiu i la forma de pagament.

Es determinaran els percentatges de pagament de l'import total del dispositiu, una part a la firma del contracte per la compra dels materials i l'altra part al lliurament del dispositiu.

### 3.9.2 Augment de preus

Si durant el període de fabricació del dispositiu es produeix un augment en el preu de qualsevol dels materials utilitzat, s'aplicarà la revisió oportuna sempre que sigui superior a un determinat percentatge de l'import indicat en el pressupost del contracte.

### 3.9.3 Contribució i impost

Tots els impostos o contribucions als que doni lloc el dispositiu, correran a compte del comprador, i si algun d'ells no és satisfet pel comprador, el fabricant queda autoritzat per exigir el pagament corresponent al comprador.

Així mateix, el comprador haurà d'afrontar les possibles sancions derivades d'un possible retard en el pagament dels mateixos.





## **4. ESTAT D'AMIDAMENTS**





---

## ÍNDEX DE L'ESTAT D'AMIDAMENTS

<b>4. ESTAT D'AMIDAMENTS .....</b>	<b>226</b>
4.1 INTRODUCCIÓ .....	228
4.2 LLISTAT D'ELEMENTS I QUANTITATS .....	229
4.2.1 Elements per la fabricació del cos .....	229
4.2.2 Elements per la fabricació de la guia d'elevació de 10 m .....	233
4.2.3 Elements per la fabricació de la guia d'elevació de 8 m .....	235
4.2.4 Elements per la fabricació de la guia d'elevació de 6 m .....	237
4.2.5 Elements per la fabricació de la guia d'elevació de 4 m .....	239

---

## 4.1 INTRODUCCIÓ

En aquest apartat es descriu número d'element, i la quantitat d'elements utilitzats per a la fabricació del dispositiu.

S'inclou també la referència de cada element i el plànol en que es troben o es fa referència a aquests.

Aquesta llista d'elements es divideix en cinc parts que són les següents:

- Elements per la fabricació del cos.
- Elements per la fabricació de la guia d'elevació de 10 m.
- Elements per la fabricació de la guia d'elevació de 8 m.
- Elements per la fabricació de la guia d'elevació de 6 m.
- Elements per la fabricació de la guia d'elevació de 4 m.

Les unitats referides en aquesta llista són:

- Elements unitaris: "u".
- Litres: "L"
- Quilograms: "kg".
- Hores: "h".



## 4.2 LLISTAT D'ELEMENTS I QUANTITATS

### 4.2.1 Elements per la fabricació del cos

Nº ELEMENT	Nº PLÀNOL	DENOMINACIÓ DE L'ELEMENT	QUANTITAT	UNITATS
1	15/23	Preparació dels troncs i bolcs de fusta per la mecanització i transformació en totes les peces del cos	3	h
2	15/23 16/23	Mecanitzat dels laterals i la cara central que formen la base del cos	0,75	h
3	15/23 16/23	Fusta d'abet per la fabricació dels laterals i la cara central que formen la base del cos	100	kg
4	15/23 16/23	Unió del les tres peces mitjançant adhesiu i claus	0,5	h
5	15/23 16/23	Claus de cap pla (80 mm) necessaris per l'enclavament de les tres peces que formen la base del cos	68	u
6	15/23 16/23 18/23	Mecanitzat de les orelles	1	h
7	15/23 16/23	Unió dels mànecs a cadascuna de les orelles mitjançant adhesiu i claus	0,25	h
8	15/23 16/23	Claus de cap pla (60 mm) necessaris per l'enclavament dels mànecs a les orelles	4	u



<b>Nº ELEMENT</b>	<b>Nº PLÀNOL</b>	<b>DENOMINACIÓ DE L'ELEMENT</b>	<b>QUANTITAT</b>	<b>UNITATS</b>
9	15/23 16/23	Assemblatge de la base del cos amb les orelles mitjançant adhesiu	0,5	h
10	15/23 16/23	Fusta d'abet per la fabricació de les orelles i els mànecs	40	kg
11	15/23 16/23	Mecanitzat de les peces que formen la safata del cos	1	h
12	15/23 16/23	Unió de la base de la safata a la cara central del cos mitjançant adhesiu i claus	0,5	h
13	15/23 16/23	Claus de cap pla (80 mm) utilitzats en l'enclavament de la base de la safata al cos	8	u
14	15/23 16/23	Unió del suport de la safata als laterals del cos i a la base de la safata mitjançant claus i adhesiu	0,5	h
15	15/23 16/23	Claus de cap pla (70 mm) utilitzats per unir el suport de la safata als laterals del cos	8	u
16	15/23 16/23	Claus de cap pla (50 mm) per unir el suport de la safata a la base de la mateixa	8	u
17	15/23 16/23	Unió de les tres peces que formen el recipient de la safata mitjançant claus i adhesiu	0,5	u
18	15/23 16/23	Claus de cap pla (50 mm) per unir les tres peces que formen el recipient de la safata	24	u



<b>Nº ELEMENT</b>	<b>Nº PLÀNOL</b>	<b>DENOMINACIÓ DE L'ELEMENT</b>	<b>QUANTITAT</b>	<b>UNITATS</b>
19	15/23 16/23	Unió del recipient a la base de la safata i a la cara central del cos mitjançant adhesiu	0,5	h
20	15/23 16/23	Fusta d'abet per la fabricació de les peces que formen la safata	20	kg
21	15/23 16/23	Unió de les subjeccions inferiors i superiors al cos mitjançant adhesiu	0,5	h
22	15/23 16/23	Fusta d'abet per la fabricació de les subjeccions inferiors i superiors	12	kg
23	15/23 16/23 17/23	Mecanitzat de les lleves Tipus-II del cos	5	h
24	15/23 16/23 17/23	Unió de les lleves Tipus-II al cos del dispositiu	1	h
25	15/23 16/23 17/23	Fusta d'abet per la fabricació de les 20 lleves Tipus-II del cos	8	kg
26	15/23 16/23 23/23	Mecanització de les 4 palanques elevadores del cos	2	h



Nº ELEMENT	Nº PLÀNOL	DENOMINACIÓ DE L'ELEMENT	QUANTITAT	UNITATS
27	15/23 16/23 23/23	Fusta d'abet per la fabricació de les 4 palanques elevadors del cos	8	kg
29	-	Adhesiu consumit en tots els processos d'unió dels elements que formen el cos	0,5	L
30	-	Processos de neteja i polit de les peces abans de la unió entre elles	3	h
31	-	Tractament superficial de totes les peces per resistir els agents externs	2	h
32	-	Proves de control de qualitat i seguretat del cos	6	h



#### 4.2.2 Elements per la fabricació de la guia d'elevació de 10 m

Nº ELEMENT	Nº PLÀNOL	DENOMINACIÓ DE L'ELEMENT	QUANTITAT	UNITATS
1	19/23	Preparació dels troncs i bolcs de fusta per la mecanització i transformació en totes les peces de la guia	6	h
2	19/23 20.1/23	Mecanitzat de la guia (forats interns, arrodoniments, forats per les barres transversals i cavitats per les lleves)	3	h
3	19/23 20.1/23	Fusta de pi per la fabricació de la guia	1.000	kg
4	19/23 20.1/23	Mecanitzat dels pilars sustentadors de la guia	1,5	h
5	19/23 20.1/23	Fusta de pi per fabricar els 4 pilars	800	kg
6	19/23 20.1/23	Mecanitzat de la base de l'estructura	1	h
7	19/23 20.1/23	Fusta de pi per fabricar la base	900	kg
8	19/23 20.1/23	Unió de la base amb els pilars mitjançant adhesiu i claus	1	h
9	19/23 20.1/23	Claus de cap pla (80 mm) per unir els pilars amb la base	20	u





Nº ELEMENT	Nº PLÀNOL	DENOMINACIÓ DE L'ELEMENT	QUANTITAT	UNITATS
10	19/23 20.1/23	Unió de la base i els pilars amb la guia mitjançant claus i adhesiu	1	h
11	19/23 20.1/23	Claus de cap pla (80 mm) per unir els pilars i la guia	16	u
12	21/23	Mecanitzat de les lleves Tipus-I	5	h
13	21/23	Fusta d'abet per fabricar les lleves Tipus-I	41	kg
14	22/23	Mecanitzat de les lleves Tipus-II de la guia	5	h
15	22/23	Fusta d'abet per fabricar les lleves Tipus-II	38	kg
16	19/23	Mecanitzat de les barres transversals	2	h
17	19/23	Fusta de pi per les barres transversals	110	kg
18	-	Adhesiu consumit en tots els processos d'unió dels elements que formen la guia	0,5	L
19	-	Processos de neteja i polit de les peces abans de la unió entre elles	3	h
20	-	Tractament superficial de totes les peces per resistir els agents externs	2	h
21	-	Proves de control de qualitat i seguretat de la guia i la estructura	6	h



#### 4.2.3 Elements per la fabricació de la guia d'elevació de 8 m

Nº ELEMENT	Nº PLÀNOL	DENOMINACIÓ DE L'ELEMENT	QUANTITAT	UNITATS
1	19/23	Preparació dels troncs i bolcs de fusta per la mecanització i transformació en totes les peces de la guia	5	h
2	19/23 20.2/23	Mecanitzat de la guia (forats interns, arrodoniments, forats per les barres transversals i cavitats per les lleves)	3	h
3	19/23 20.2/23	Fusta de pi per la fabricació de la guia	900	kg
4	19/23 20.2/23	Mecanitzat dels pilars sustentadors de la guia	1,5	h
5	19/23 20.2/23	Fusta de pi per fabricar els 4 pilars	800	kg
6	19/23 20.2/23	Mecanitzat de la base de l'estructura	1	h
7	19/23 20.2/23	Fusta de pi per fabricar la base	600	kg
8	19/23 20.2/23	Unió de la base amb els pilars mitjançant adhesiu i claus	1	h
9	19/23 20.2/23	Claus de cap pla (80 mm) per unir els pilars amb la base	20	u



Nº ELEMENT	Nº PLÀNOL	DENOMINACIÓ DE L'ELEMENT	QUANTITAT	UNITATS
10	19/23 20.2/23	Unió de la base i els pilars amb la guia mitjançant claus i adhesiu	1	h
11	19/23 20.2/23	Claus de cap pla (80 mm) per unir els pilars i la guia	16	u
12	21/23	Mecanitzat de les lleves Tipus-I	4,5	h
13	21/23	Fusta d'abet per fabricar les lleves Tipus-I	33	kg
14	22/23	Mecanitzat de les lleves Tipus-II de la guia	4,5	h
15	22/23	Fusta d'abet per fabricar les lleves Tipus-II	30	kg
16	19/23	Mecanitzat de les barres transversals	1	h
17	19/23	Fusta de pi per les barres transversals	88	kg
18	-	Adhesiu consumit en tots els processos d'unió dels elements que formen la guia	0,5	L
19	-	Processos de neteja i polit de les peces abans de la unió entre elles	2,5	h
20	-	Tractament superficial de totes les peces per resistir els agents externs	2	h
21	-	Proves de control de qualitat i seguretat de la guia i la estructura	5	h



#### 4.2.4 Elements per la fabricació de la guia d'elevació de 6 m

Nº ELEMENT	Nº PLÀNOL	DENOMINACIÓ DE L'ELEMENT	QUANTITAT	UNITATS
1	19/23	Preparació dels troncs i bolcs de fusta per la mecanització i transformació en totes les peces de la guia	4	h
2	19/23 20.3/23	Mecanitzat de la guia (forats interns, arrodoniments, forats per les barres transversals i cavitats per les lleves)	2,5	h
3	19/23 20.3/23	Fusta de pi per la fabricació de la guia	700	kg
4	19/23 20.3/23	Mecanitzat dels pilars sustentadors de la guia	1	h
5	19/23 20.3/23	Fusta de pi per fabricar els 4 pilars	600	kg
6	19/23 20.3/23	Mecanitzat de la base de l'estructura	1	h
7	19/23 20.3/23	Fusta de pi per fabricar la base	400	kg
8	19/23 20.3/23	Unió de la base amb els pilars mitjançant adhesiu i claus	1	h
9	19/23 20.3/23	Claus de cap pla (80 mm) per unir els pilars amb la base	20	u



Nº ELEMENT	Nº PLÀNOL	DENOMINACIÓ DE L'ELEMENT	QUANTITAT	UNITATS
10	19/23 20.3/23	Unió de la base i els pilars amb la guia mitjançant claus i adhesiu	1	h
11	19/23 20.3/23	Claus de cap pla (80 mm) per unir els pilars i la guia	16	u
12	21/23	Mecanitzat de les lleves Tipus-I	3,5	h
13	21/23	Fusta d'abet per fabricar les lleves Tipus-I	24	kg
14	22/23	Mecanitzat de les lleves Tipus-II de la guia	3,5	h
15	22/23	Fusta d'abet per fabricar les lleves Tipus-II	22	kg
16	19/23	Mecanitzat de les barres transversals	1	h
17	19/23	Fusta de pi per les barres transversals	66	kg
18	-	Adhesiu consumit en tots els processos d'unió dels elements que formen la guia	0,4	L
19	-	Processos de neteja i polit de les peces abans de la unió entre elles	2,5	h
20	-	Tractament superficial de totes les peces per resistir els agents externs	2	h
21	-	Proves de control de qualitat i seguretat de la guia i la estructura	4	h



#### 4.2.5 Elements per la fabricació de la guia d'elevació de 4 m

Nº ELEMENT	Nº PLÀNOL	DENOMINACIÓ DE L'ELEMENT	QUANTITAT	UNITATS
1	19/23	Preparació dels troncs i bolcs de fusta per la mecanització i transformació en totes les peces de la guia	3	h
2	19/23 20.3/23	Mecanitzat de la guia (forats interns, arrodoniments, forats per les barres transversals i cavitats per les lleves)	2	h
3	19/23 20.3/23	Fusta de pi per la fabricació de la guia	400	kg
4	19/23 20.3/23	Mecanitzat dels pilars sustentadors de la guia	1	h
5	19/23 20.3/23	Fusta de pi per fabricar els 2 pilars	300	kg
6	19/23 20.3/23	Mecanitzat de la base de l'estructura	0,5	h
7	19/23 20.3/23	Fusta de pi per fabricar la base	300	kg
8	19/23 20.3/23	Unió de la base amb els pilars mitjançant adhesiu i claus	1	h
9	19/23 20.3/23	Claus de cap pla (80 mm) per unir els pilars amb la base	12	u



Nº ELEMENT	Nº PLÀNOL	DENOMINACIÓ DE L'ELEMENT	QUANTITAT	UNITATS
10	19/23 20.3/23	Unió de la base i els pilars amb la guia mitjançant claus i adhesiu	1	h
11	19/23 20.3/23	Claus de cap pla (80 mm) per unir els pilars i la guia	8	u
12	21/23	Mecanitzat de les lleves Tipus-I	2,5	h
13	21/23	Fusta d'avet per fabricar les lleves Tipus-I	16	kg
14	22/23	Mecanitzat de les lleves Tipus-II de la guia	2,5	h
15	22/23	Fusta d'avet per fabricar les lleves Tipus-II	14	kg
16	19/23	Mecanitzat de les barres transversals	0,75	h
17	19/23	Fusta de pi per les barres transversals	44	kg
18	-	Adhesiu consumit en tots els processos d'unió dels elements que formen la guia	0,3	L
19	-	Processos de neteja i polit de les peces abans de la unió entre elles	2,5	h
20	-	Tractament superficial de totes les peces per resistir els agents externs	1,5	h
21	-	Proves de control de qualitat i seguretat de la guia i la estructura	3	h







## 5. PRESSUPOST



## ÍNDEX DEL PRESSUPOST

<b>5. PRESSUPOST .....</b>	<b>242</b>
5.1 INTRODUCCIÓ .....	244
5.2 LLISTA D'ELEMENTS, QUANTITATS I COSTOS .....	245
5.2.1 Elements per la fabricació del cos .....	245
5.2.2 Elements per la fabricació de la guia d'elevació de 10 m .....	249
5.2.3 Elements per la fabricació de la guia d'elevació de 8 m .....	251
5.2.4 Elements per la fabricació de la guia d'elevació de 6 m .....	253
5.2.5 Elements per la fabricació de la guia d'elevació de 4 m .....	255
5.3 LLISTA DE PRESSUPOSTS DELS DIVERSOS CONJUNTS .....	257
5.3.1 Cos i guia de 10 m d'elevació .....	257
5.3.2 Cos i guia de 8 m d'elevació .....	258
5.3.3 Cos i guia de 6 m d'elevació .....	259
5.3.4 Cos i guia de 4 m d'elevació .....	260
5.4 RESUM DELS PRESSUPOSTS .....	261
5.4.1 Resum pressupost del cos i guia de 10 m d'elevació .....	261
5.4.2 Resum pressupost del cos i guia de 8 m d'elevació .....	262
5.4.3 Resum pressupost del cos i guia de 6 m d'elevació .....	263
5.4.4 Resum pressupost del cos i guia de 4 m d'elevació .....	264

---

## 5.1 INTRODUCCIÓ

En aquest apartat es determina el cost econòmic del projecte, comptabilitzant també els beneficis i els impostos. Es basa en l'apartat anterior de l'estat d'amidaments tenint en compte el nombre d'unitats de cada element i comptabilitzant les hores de mà d'obra requerides per a cada tipus de feina. En cada apartat es desglossen els preus unitaris i els preus totals.

El pressupost d'aquest projecte s'ha realitzat incloent les dades següents:

- Cost del material de disseny del dispositiu.
- Cost dels elements comercials.
- S'inclou un pressupost d'execució material (P.E.M) format per:
  - Despeses generals: Considerades del 13%
  - Benefici industrial: Considerat del 6%
- I.V.A.: Considerat del 21%
- No s'inclou les despeses de disseny del dispositiu.
- Hi ha un total de 4 pressupostos totals que englobaran el cost del dispositiu i cadascuna de les 4 varietats de guies dissenyades, segons l'alçada que es vulgui elevar el cos.



## 5.2 LLISTA D'ELEMENTS, QUANTITATS I COSTOS

### 5.2.1 Elements per la fabricació del cos

Nº ELEMENT	Nº PLÀNOL	DENOMINACIÓ DE L'ELEMENT	QUANTITAT	UNITATS	PREU UNITARI (€)	PREU TOTAL (€)
1	15/23	Preparació dels troncs i bolcs de fusta per la mecanització i transformació en totes les peces del cos	3	h	20,00	60,00
2	15/23 16/23	Mecanitzat dels laterals i la cara central que formen la base del cos	0,75	h	16,30	12,23
3	15/23 16/23	Fusta d'avet per la fabricació dels laterals i la cara central que formen la base del cos	100	kg	0,704	70,40
4	15/23 16/23	Unió del les tres peces mitjançant adhesiu i claus	0,5	h	17,86	8,93
5	15/23 16/23	Claus de cap pla (80 mm) necessaris per l'enclavament de les tres peces que formen la base del cos	68	u	0,025	1,70
6	15/23 16/23 18/23	Mecanitzat de les orelles	1	h	16,30	16,30
7	15/23 16/23	Unió dels mànecs a cadascuna de les orelles mitjançant adhesiu i claus	0,25	h	17,86	4,47
8	15/23 16/23	Claus de cap pla (60 mm) necessaris per l'enclavament dels mànecs a les orelles	4	u	0,049	0,20



Nº ELEMENT	Nº PLÀNOL	DENOMINACIÓ DE L'ELEMENT	QUANTITAT	UNITATS	PREU UNITARI (€)	PREU TOTAL (€)
9	15/23 16/23	Assemblatge de la base del cos amb les orelles mitjançant adhesiu	0,5	h	17,86	8,93
10	15/23 16/23	Fusta d'abet per la fabricació de les orelles i els mànecs	40	kg	0,704	28,16
11	15/23 16/23	Mecanitzat de les peces que formen la safata del cos	1	h	16,30	16,30
12	15/23 16/23	Unió de la base de la safata a la cara central del cos mitjançant adhesiu i claus	0,5	h	17,86	8,93
13	15/23 16/23	Claus de cap pla (80 mm) utilitzats en l'enclavament de la base de la safata al cos	8	u	0,025	0,20
14	15/23 16/23	Unió del suport de la safata als laterals del cos i a la base de la safata mitjançant claus i adhesiu	0,5	h	17,86	8,93
15	15/23 16/23	Claus de cap pla (70 mm) utilitzats per unir el suport de la safata als laterals del cos	8	u	0,019	0,15
16	15/23 16/23	Claus de cap pla (50 mm) per unir el suport de la safata a la base de la mateixa	8	u	0,014	0,11
17	15/23 16/23	Unió de les tres peces que formen el recipient de la safata mitjançant claus i adhesiu	0,5	u	17,86	8,93
18	15/23 16/23	Claus de cap pla (50 mm) per unir les tres peces que formen el recipient de la safata	24	u	0,014	0,34



Nº ELEMENT	Nº PLÀNOL	DENOMINACIÓ DE L'ELEMENT	QUANTITAT	UNITATS	PREU UNITARI (€)	PREU TOTAL (€)
19	15/23 16/23	Unió del recipient a la base de la safata i a la cara central del cos mitjançant adhesiu	0,5	h	17,86	8,93
20	15/23 16/23	Fusta d'abet per la fabricació de les peces que formen la safata	20	kg	0,704	14,08
21	15/23 16/23	Unió de les subjeccions inferiors i superiors al cos mitjançant adhesiu	0,5	h	17,86	8,93
22	15/23 16/23	Fusta d'abet per la fabricació de les subjeccions inferiors i superiors	12	kg	0,704	8,45
23	15/23 16/23 17/23	Mecanitzat de les lleves Tipus-II del cos	5	h	16,30	81,50
24	15/23 16/23 17/23	Unió de les lleves Tipus-II al cos del dispositiu	1	h	17,86	17,86
25	15/23 16/23 17/23	Fusta d'abet per la fabricació de les 20 lleves Tipus-II del cos	8	kg	0,704	5,63
26	15/23 16/23 23/23	Mecanització de les 4 palanques elevadores del cos	2	h	16,30	32,60





Nº ELEMENT	Nº PLÀNOL	DENOMINACIÓ DE L'ELEMENT	QUANTITAT	UNITATS	PREU UNITARI (€)	PREU TOTAL (€)
27	15/23 16/23 23/23	Fusta d'avet per la fabricació de les 4 palanques elevadors del cos	8	kg	0,704	5,63
29	-	Adhesiu consumit en tots els processos d'unió dels elements que formen el cos	0,5	L	6,92	3,46
30	-	Processos de neteja i polit de les peces abans de la unió entre elles	3	h	39,80	119,40
31	-	Tractament superficial de totes les peces per resistir els agents externs	2	h	13,30	26,60
32	-	Proves de control de qualitat i seguretat del cos	6	h	29,57	59,14
<b>TOTAL DELS ELEMENTS DEL COS</b>					<b>647,42 €</b>	



## 5.2.2 Elements per la fabricació de la guia d'elevació de 10 m

Nº ELEMENT	Nº PLÀNOL	DENOMINACIÓ DE L'ELEMENT	QUANTITAT	UNITATS	PREU UNITARI (€)	PREU TOTAL (€)
1	19/23	Preparació dels troncs i bolcs de fusta per la mecanització i transformació en totes les peces de la guia	6	h	20,00	120,00
2	19/23 20.1/23	Mecanitzat de la guia (forats interns, arrodoniments, forats per les barres transversals i cavitats per les lleves)	3	h	16,30	48,90
3	19/23 20.1/23	Fusta de pi per la fabricació de la guia	1.000	kg	1,00	1.000,00
4	19/23 20.1/23	Mecanitzat dels pilars sustentadors de la guia	1,5	h	16,30	24,45
5	19/23 20.1/23	Fusta de pi per fabricar els 4 pilars	800	kg	1,00	800,00
6	19/23 20.1/23	Mecanitzat de la base de l'estructura	1	h	16,30	16,30
7	19/23 20.1/23	Fusta de pi per fabricar la base	900	kg	1,00	900,00
8	19/23 20.1/23	Unió de la base amb els pilars mitjançant adhesiu i claus	1	h	17,86	17,86
9	19/23 20.1/23	Claus de cap pla (80 mm) per unir els pilars amb la base	20	u	0,025	0,50



Nº ELEMENT	Nº PLÀNOL	DENOMINACIÓ DE L'ELEMENT	QUANTITAT	UNITATS	PREU UNITARI (€)	PREU TOTAL (€)
10	19/23 20.1/23	Unió de la base i els pilars amb la guia mitjançant claus i adhesiu	1	h	17,86	17,86
11	19/23 20.1/23	Claus de cap pla (80 mm) per unir els pilars i la guia	16	u	0,025	0,40
12	21/23	Mecanitzat de les lleves Tipus-I	5	h	16,30	81,50
13	21/23	Fusta d'abet per fabricar les lleves Tipus-I	41	kg	0,704	28,86
14	22/23	Mecanitzat de les lleves Tipus-II de la guia	5	h	16,30	81,50
15	22/23	Fusta d'abet per fabricar les lleves Tipus-II	38	kg	0,704	26,75
16	19/23	Mecanitzat de les barres transversals	2	h	16,30	32,60
17	19/23	Fusta de pi per les barres transversals	110	kg	1,00	110,00
18	-	Adhesiu consumit en tots els processos d'unió dels elements que formen la guia	0,5	L	6,92	3,46
19	-	Processos de neteja i polit de les peces abans de la unió entre elles	3	h	39,80	119,40
20	-	Tractament superficial de totes les peces per resistir els agents externs	2	h	13,30	26,60
21	-	Proves de control de qualitat i seguretat de la guia i la estructura	6	h	29,57	117,42
<b>TOTAL DE LA GUIA DE 10 m</b>					<b>3.574,36 €</b>	



### 5.2.3 Elements per la fabricació de la guia d'elevació de 8 m

Nº ELEMENT	Nº PLÀNOL	DENOMINACIÓ DE L'ELEMENT	QUANTITAT	UNITATS	PREU UNITARI (€)	PREU TOTAL (€)
1	19/23	Preparació dels troncs i bolcs de fusta per la mecanització i transformació en totes les peces de la guia	5	h	20,00	100,00
2	19/23 20.2/23	Mecanitzat de la guia (forats interns, arrodoniments, forats per les barres transversals i cavitats per les lleves)	3	h	16,30	48,90
3	19/23 20.2/23	Fusta de pi per la fabricació de la guia	900	kg	1,00	900,00
4	19/23 20.2/23	Mecanitzat dels pilars sustentadors de la guia	1,5	h	16,30	24,45
5	19/23 20.2/23	Fusta de pi per fabricar els 4 pilars	800	kg	1,00	800,00
6	19/23 20.2/23	Mecanitzat de la base de l'estructura	1	h	16,30	16,30
7	19/23 20.2/23	Fusta de pi per fabricar la base	600	kg	1,00	600,00
8	19/23 20.2/23	Unió de la base amb els pilars mitjançant adhesiu i claus	1	h	17,86	17,86
9	19/23 20.2/23	Claus de cap pla (80 mm) per unir els pilars amb la base	20	u	0,025	0,50



Nº ELEMENT	Nº PLÀNOL	DENOMINACIÓ DE L'ELEMENT	QUANTITAT	UNITATS	PREU UNITARI (€)	PREU TOTAL (€)
10	19/23 20.2/23	Unió de la base i els pilars amb la guia mitjançant claus i adhesiu	1	h	17,86	17,86
11	19/23 20.2/23	Claus de cap pla (80 mm) per unir els pilars i la guia	16	u	0,025	0,40
12	21/23	Mecanitzat de les lleves Tipus-I	4,5	h	16,30	73,35
13	21/23	Fusta d'abet per fabricar les lleves Tipus-I	33	kg	0,704	23,23
14	22/23	Mecanitzat de les lleves Tipus-II de la guia	4,5	h	16,30	73,35
15	22/23	Fusta d'abet per fabricar les lleves Tipus-II	30	kg	0,704	21,12
16	19/23	Mecanitzat de les barres transversals	1	h	16,30	16,30
17	19/23	Fusta de pi per les barres transversals	88	kg	1,00	88,00
18	-	Adhesiu consumit en tots els processos d'unió dels elements que formen la guia	0,5	L	6,92	3,46
19	-	Processos de neteja i polit de les peces abans de la unió entre elles	2,5	h	39,80	99,50
20	-	Tractament superficial de totes les peces per resistir els agents externs	2	h	13,30	26,60
21	-	Proves de control de qualitat i seguretat de la guia i la estructura	5	h	29,57	147,85
<b>TOTAL DE LA GUIA DE 8 m</b>					<b>3.099,03 €</b>	



## 5.2.4 Elements per la fabricació de la guia d'elevació de 6 m

Nº ELEMENT	Nº PLÀNOL	DENOMINACIÓ DE L'ELEMENT	QUANTITAT	UNITATS	PREU UNITARI (€)	PREU TOTAL (€)
1	19/23	Preparació dels troncs i bolcs de fusta per la mecanització i transformació en totes les peces de la guia	4	h	20,00	80,00
2	19/23 20.3/23	Mecanitzat de la guia (forats interns, arrodoniments, forats per les barres transversals i cavitats per les lleves)	2,5	h	16,30	40,75
3	19/23 20.3/23	Fusta de pi per la fabricació de la guia	700	kg	1,00	700,00
4	19/23 20.3/23	Mecanitzat dels pilars sustentadors de la guia	1	h	16,30	16,30
5	19/23 20.3/23	Fusta de pi per fabricar els 4 pilars	600	kg	1,00	600,00
6	19/23 20.3/23	Mecanitzat de la base de l'estructura	1	h	16,30	16,30
7	19/23 20.3/23	Fusta de pi per fabricar la base	400	kg	1,00	400,00
8	19/23 20.3/23	Unió de la base amb els pilars mitjançant adhesiu i claus	1	h	17,86	17,86
9	19/23 20.3/23	Claus de cap pla (80 mm) per unir els pilars amb la base	20	u	0,025	0,50



Nº ELEMENT	Nº PLÀNOL	DENOMINACIÓ DE L'ELEMENT	QUANTITAT	UNITATS	PREU UNITARI (€)	PREU TOTAL (€)
10	19/23 20.3/23	Unió de la base i els pilars amb la guia mitjançant claus i adhesiu	1	h	17,86	17,86
11	19/23 20.3/23	Claus de cap pla (80 mm) per unir els pilars i la guia	16	u	0,025	0,40
12	21/23	Mecanitzat de les lleves Tipus-I	3,5	h	16,30	57,05
13	21/23	Fusta d'abet per fabricar les lleves Tipus-I	24	kg	0,704	16,90
14	22/23	Mecanitzat de les lleves Tipus-II de la guia	3,5	h	16,30	57,05
15	22/23	Fusta d'abet per fabricar les lleves Tipus-II	22	kg	0,704	15,49
16	19/23	Mecanitzat de les barres transversals	1	h	16,30	16,30
17	19/23	Fusta de pi per les barres transversals	66	kg	1,00	66,00
18	-	Adhesiu consumit en tots els processos d'unió dels elements que formen la guia	0,4	L	6,92	2,77
19	-	Processos de neteja i polit de les peces abans de la unió entre elles	2,5	h	39,80	99,50
20	-	Tractament superficial de totes les peces per resistir els agents externs	2	h	13,30	26,60
21	-	Proves de control de qualitat i seguretat de la guia i la estructura	4	h	29,57	118,28
<b>TOTAL DE LA GUIA DE 6 m</b>					<b>2.365,91 €</b>	





### 5.2.5 Elements per la fabricació de la guia d'elevació de 4 m

Nº ELEMENT	Nº PLÀNOL	DENOMINACIÓ DE L'ELEMENT	QUANTITAT	UNITATS	PREU UNITARI (€)	PREU TOTAL (€)
1	19/23	Preparació dels troncs i bolcs de fusta per la mecanització i transformació en totes les peces de la guia	3	h	20,00	60,00
2	19/23 20.3/23	Mecanitzat de la guia (forats interns, arrodoniments, forats per les barres transversals i cavitats per les lleves)	2	h	16,30	32,60
3	19/23 20.3/23	Fusta de pi per la fabricació de la guia	400	kg	1,00	400,00
4	19/23 20.3/23	Mecanitzat dels pilars sustentadors de la guia	1	h	16,30	16,30
5	19/23 20.3/23	Fusta de pi per fabricar els 2 pilars	300	kg	1,00	300,00
6	19/23 20.3/23	Mecanitzat de la base de l'estructura	0,5	h	16,30	8,15
7	19/23 20.3/23	Fusta de pi per fabricar la base	300	kg	1,00	300,00
8	19/23 20.3/23	Unió de la base amb els pilars mitjançant adhesiu i claus	1	h	17,86	17,86
9	19/23 20.3/23	Claus de cap pla (80 mm) per unir els pilars amb la base	12	u	0,025	0,30



Nº ELEMENT	Nº PLÀNOL	DENOMINACIÓ DE L'ELEMENT	QUANTITAT	UNITATS	PREU UNITARI (€)	PREU TOTAL (€)
10	19/23 20.3/23	Unió de la base i els pilars amb la guia mitjançant claus i adhesiu	1	h	17,86	17,86
11	19/23 20.3/23	Claus de cap pla (80 mm) per unir els pilars i la guia	8	u	0,025	0,20
12	21/23	Mecanitzat de les lleves Tipus-I	2,5	h	16,30	40,75
13	21/23	Fusta d'abet per fabricar les lleves Tipus-I	16	kg	0,704	11,26
14	22/23	Mecanitzat de les lleves Tipus-II de la guia	2,5	h	16,30	40,75
15	22/23	Fusta d'abet per fabricar les lleves Tipus-II	14	kg	0,704	9,86
16	19/23	Mecanitzat de les barres transversals	0,75	h	16,30	12,23
17	19/23	Fusta de pi per les barres transversals	44	kg	1,00	44,00
18	-	Adhesiu consumit en tots els processos d'unió dels elements que formen la guia	0,3	L	6,92	2,08
19	-	Processos de neteja i polit de les peces abans de la unió entre elles	2,5	h	39,80	99,50
20	-	Tractament superficial de totes les peces per resistir els agents externs	1,5	h	13,30	19,95
21	-	Proves de control de qualitat i seguretat de la guia i la estructura	3	h	29,57	88,71
<b>TOTAL DE LA GUIA DE 4 m</b>					<b>1.522,36 €</b>	

## 5.3 LLISTA DE PRESSUPOSTS DELS DIVERSOS CONJUNTS

### 5.3.1 Cos i guia de 10 m d'elevació

- Total dels elements del cos.....→ 647,42 €
- Total de la guia de 10 m d'elevació.....→ 3.574,36 €
- TOTAL DEL CONJUNT DEL DISPOSITIU.....→ 4.221,78 €
  - 13 % Despeses generals.....→ 548,83 €
  - 6 % Benefici Industrial.....→ 253,31 €
- TOTAL DEL CONJUNT MÉS EL P.E.M.....→ 5.023,92 €
  - 21 % I.V.A.....→ 1.055,02 €

<b>TOTAL PRESSUPOST FINAL.....→ 6.078,94 €</b>
--

### 5.3.2 Cos i guia de 8 m d'elevació

- Total dels elements del cos.....→ 647,42 €
- Total de la guia de 10 m d'elevació.....→ 3.099,03 €
- TOTAL DEL CONJUNT DEL DISPOSITIU.....→ 3.746,45 €
  - 13 % Despeses generals.....→ 487,04 €
  - 6 % Benefici Industrial.....→ 224,79 €
- TOTAL DEL CONJUNT MÉS EL P.E.M.....→ 4.458,28 €
  - 21 % I.V.A.....→ 936,24 €

<b>TOTAL PRESSUPOST FINAL.....→ 5.394,52 €</b>
--

---

### 5.3.3 Cos i guia de 6 m d'elevació

- Total dels elements del cos.....→ 647,42 €
- Total de la guia de 10 m d'elevació.....→ 2.365,91 €
- TOTAL DEL CONJUNT DEL DISPOSITIU.....→ 3.013,33 €
  - 13 % Despeses generals.....→ 391,73 €
  - 6 % Benefici Industrial.....→ 180,80 €
- TOTAL DEL CONJUNT MÉS EL P.E.M.....→ 3.585,86 €
  - 21 % I.V.A.....→ 753,03 €

<b>TOTAL PRESSUPOST FINAL.....→ 4.338,89 €</b>
--

### 5.3.4 Cos i guia de 4 m d'elevació

- Total dels elements del cos.....→ 647,42 €
- Total de la guia de 10 m d'elevació.....→ 1.522,36 €
- TOTAL DEL CONJUNT DEL DISPOSITIU.....→ 2.169,78 €
  - 13 % Despeses generals.....→ 282,07 €
  - 6 % Benefici Industrial.....→ 130,19 €
- TOTAL DEL CONJUNT MÉS EL P.E.M.....→ 2.582,04 €
  - 21 % I.V.A.....→ 542,23 €

<b>TOTAL PRESSUPOST FINAL.....→ 3.124,27 €</b>
--

---

## 5.4 RESUM DELS PRESSUPOSTS

### 5.4.1 Resum pressupost del cos i guia de 10 m d'elevació

- TOTAL DEL CONJUNT DEL DISPOSITIU.....→ 4.221,78 €
- TOTAL DEL CONJUNT MÉS EL P.E.M.....→ 5.023,92 €
- 21 % I.V.A.....→ 1.055,02 €

<b>TOTAL PRESSUPOST FINAL.....→ 6.078,94 €</b>
--

El cost total de la realització del dispositiu ascendeix a la quantitat de;

**Sis mil setanta-vuit euros i noranta-quatre cèntims, 6.078,94 €**

## 5.4.2 Resum pressupost del cos i guia de 8 m d'elevació

- TOTAL DEL CONJUNT DEL DISPOSITIU.....→ 3.746,45 €
- TOTAL DEL CONJUNT MÉS EL P.E.M.....→ 4.458,28 €
- 21 % I.V.A.....→ 936,24 €

<b>TOTAL PRESSUPOST FINAL.....→ 5.394,52 €</b>
--

El cost total de la realització del dispositiu ascendeix a la quantitat de;

**Cinc mil tres-cents noranta-quatre euros i cinquanta-dos cèntims, 5.394,52 €**



---

### 5.4.3 Resum pressupost del cos i guia de 6 m d'elevació

- **TOTAL DEL CONJUNT DEL DISPOSITIU.....→ 3.013,33 €**
- **TOTAL DEL CONJUNT MÉS EL P.E.M.....→ 3.585,86 €**
- **21 % I.V.A.....→ 753,03 €**

<b>TOTAL PRESSUPOST FINAL.....→ 4.338,89 €</b>
--

El cost total de la realització del dispositiu ascendeix a la quantitat de;

**Quatre mil tres-cents trenta-vuit euros i vuitanta-nou cèntims, 4.338,89 €**

#### 5.4.4 Resum pressupost del cos i guia de 4 m d'elevació

- TOTAL DEL CONJUNT DEL DISPOSITIU.....→ 2.169,78 €
- TOTAL DEL CONJUNT MÉS EL P.E.M.....→ 2.582,04 €
- 21 % I.V.A.....→ 542,23 €

<b>TOTAL PRESSUPOST FINAL.....→ 3.124,27 €</b>
--

El cost total de la realització del dispositiu ascendeix a la quantitat de;

**Tres mil cent vint-i-quatre euros i vint-i-set cèntims, 3.124,27 €**



## 6. PLÀNOLS

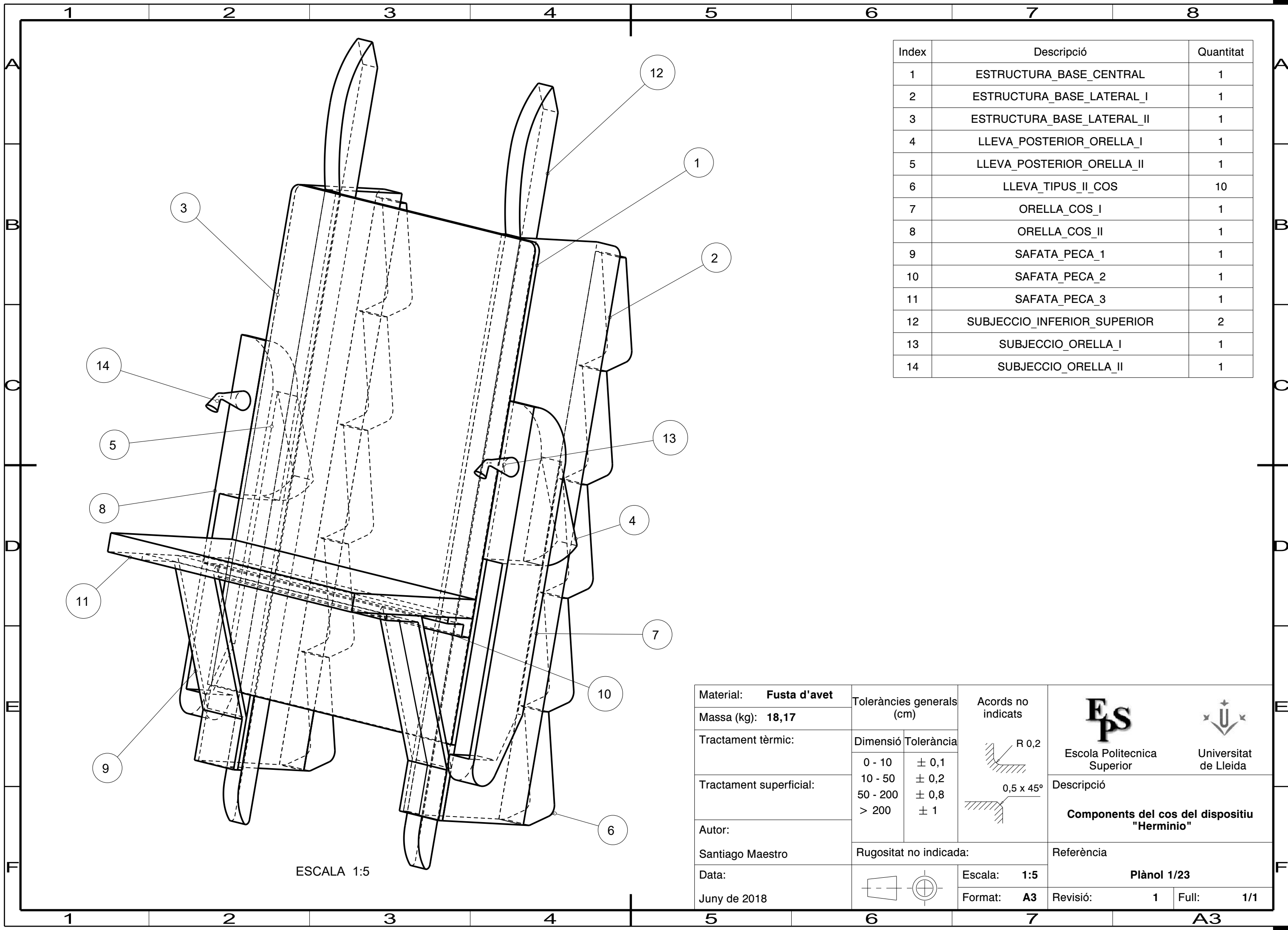
---

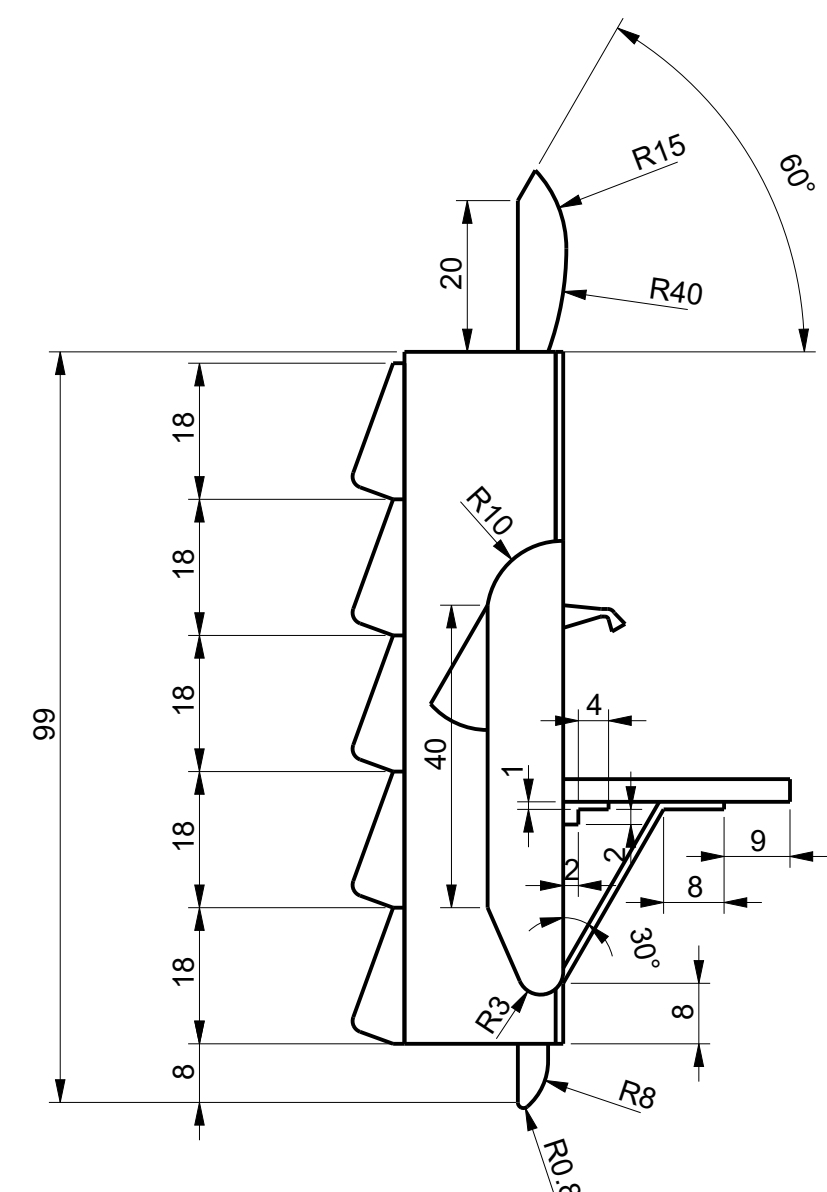
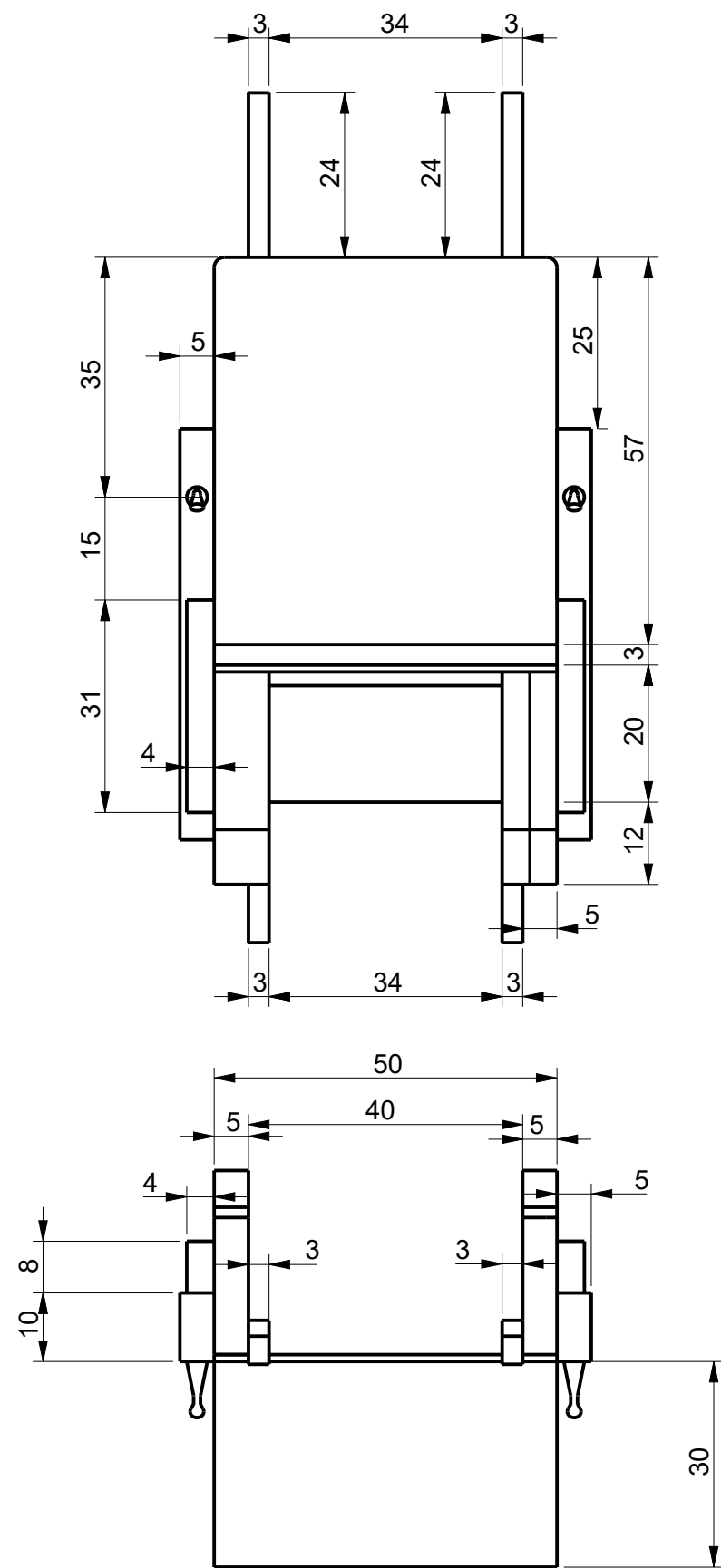
## ÍNDIX DELS PLÀNOLS

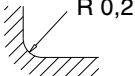
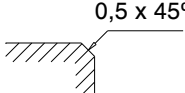


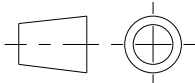
Components del cos del dispositiu “Herminio” .....	Plànol 1/23
Vistes i dimensions cos dispositiu “Herminio” .....	Plànol 2/23
Lleva Tipus-II del cos del dispositiu “Herminio” .....	Plànol 3/23
Lleva de la zona posterior de l’orella del dispositiu “Herminio” .....	Plànol 4/23
Subjecció de l’orella del cos del dispositiu “Herminio” .....	Plànol 5/23
Components de la guia del dispositiu “Herminio” .....	Plànol 6/23
Guia del dispositiu “Herminio” .....	Plànol 7/23
Lleva Tipus-I de la guia del dispositiu “Herminio” .....	Plànol 8/23
Lleva Tipus-II de la guia del dispositiu “Herminio” .....	Plànol 9/23
Lleva Tipus-III de la guia del dispositiu “Herminio” .....	Plànol 10/23
Components de l’escala central del dispositiu “Herminio” .....	Plànol 11/23
Escala central del dispositiu “Herminio” .....	Plànol 12/23
Lleva Tipus-III de l’escala central del dispositiu “Herminio” .....	Plànol 13/23
Palanca del dispositiu “Herminio” .....	Plànol 14/23
Components del cos del nou disseny del dispositiu .....	Plànol 15/23
Cos del nou disseny del dispositiu .....	Plànol 16/23
Lleva Tipus-II del cos del nou disseny del dispositiu .....	Plànol 17/23
Lleva de la zona posterior de l’orella, del nou disseny del dispositiu .....	Plànol 18/23
Components de la guia del nou disseny del dispositiu .....	Plànol 19/23
Guia d’elevació a 10 m, del nou disseny del dispositiu .....	Plànol 20.1/23
Guia d’elevació a 8 m, del nou disseny del dispositiu .....	Plànol 20.2/23
Guia d’elevació a 6 m, del nou disseny del dispositiu .....	Plànol 20.3/23

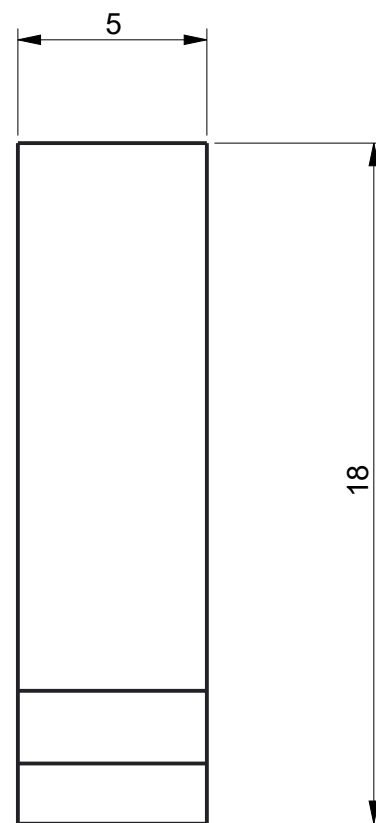
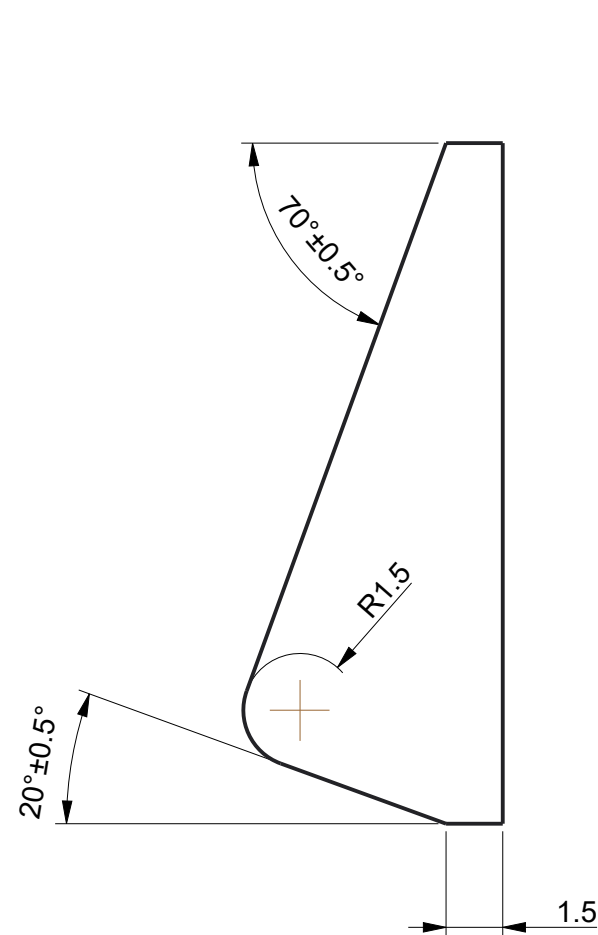
---

Guia d'elevació a 4 m, del nou disseny del dispositiu.....	Plànol 20.4/23
Lleva Tipus-I del nou disseny del dispositiu.....	Plànol 21/23
Lleva Tipus-II del nou disseny del dispositiu.....	Plànol 22/23
Palanca del nou disseny del dispositiu.....	Plànol 23/23

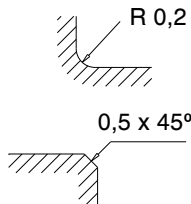
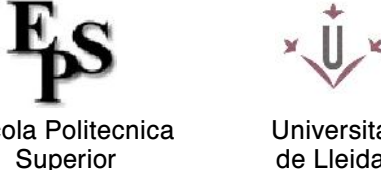
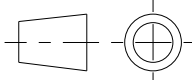




Material: <b>Fusta d'avet</b>	Toleràncies generals (cm)		Acords no indicats   	 Escola Politecnica Superior		 Universitat de Lleida			
Massa (kg): 18,17									
Unitats del dibuix: cm	Dimensió	Tolerància		Descripció  <b>Vistes i dimensions cos dispositiu "Herminio"</b>					
Tractament superficial:								0 - 10	± 0,1
								10 - 50	± 0,2
			50 - 200					± 0,8	
Autor:	> 200	± 1	Referència  <b>Plànol 2/23</b>						
Santiago Maestro	Rugositat no indicada:						Escala: <b>1:10</b> Format: <b>A3</b>		
Data:									
Juny del 2018			Revisió: <b>1</b>		Full: <b>1/1</b>				

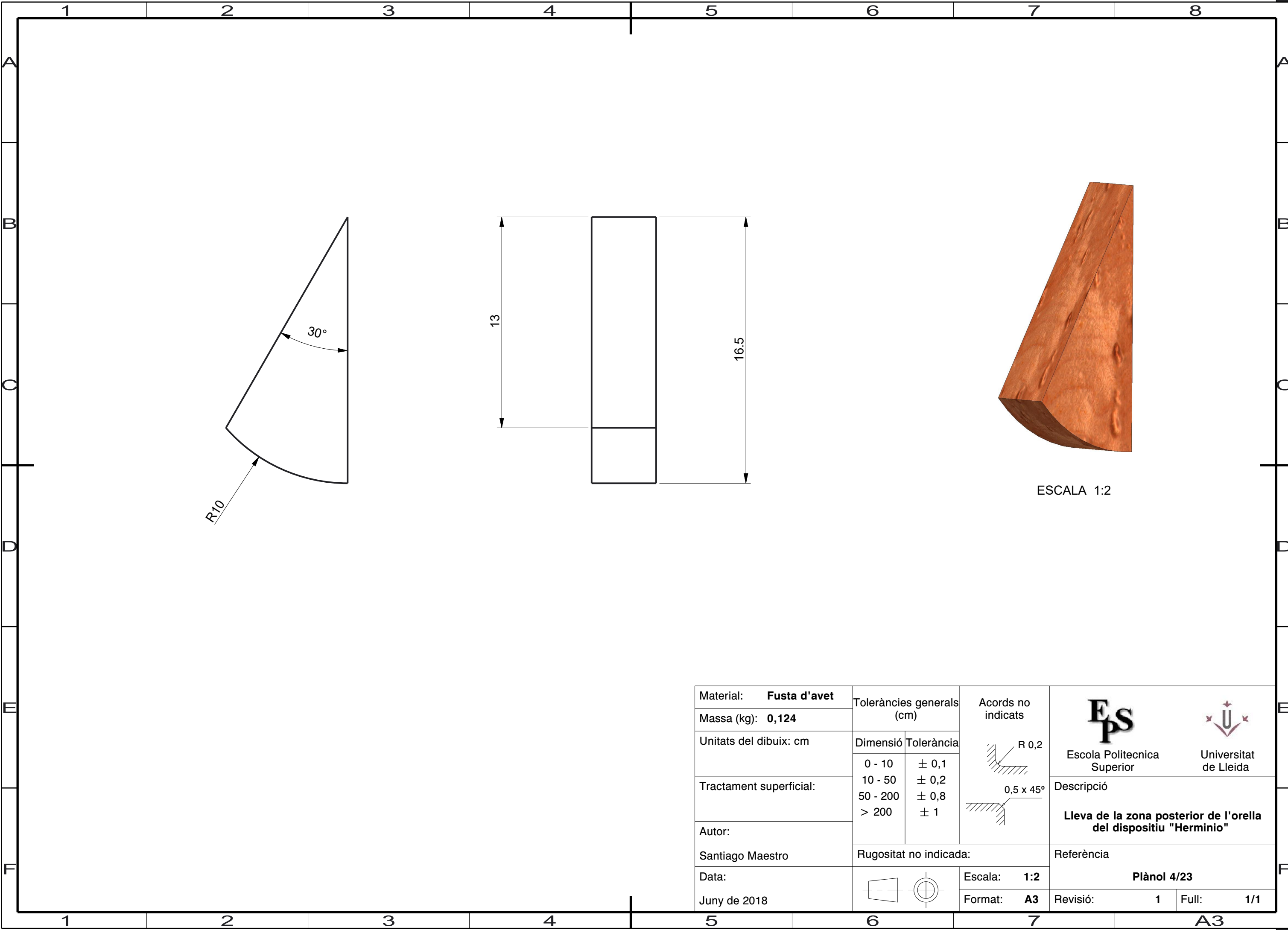


ESCALA 1:2

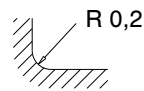
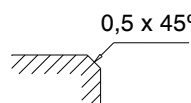


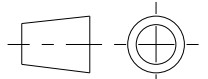
Material: <b>Fusta d'avet</b>	Toleràncies generals (cm)		Acords no indicats 		
Massa (kg): <b>0,181</b>				Descripció	
Unitats del dibuix: cm	Dimensió	Tolerància		<b>Lleva Tipus-II del cos del dispositiu "Herminio"</b>	
Tractament superficial:	0 - 10 10 - 50 50 - 200 > 200	± 0,1 ± 0,2 ± 0,8 ± 1		Referència	
Autor: Santiago Maestro	Rugositat no indicada:		Escala: <b>1:2</b>	<b>Plànol 3/23</b>	
Data: Juny de 2018			Format: <b>A3</b>	Revisió: <b>1</b>	Full: <b>1/1</b>

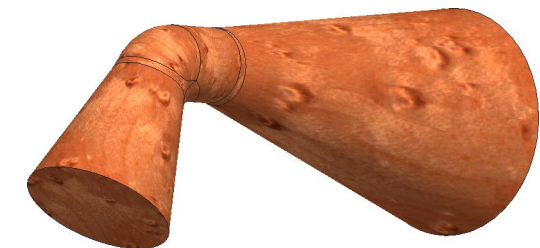
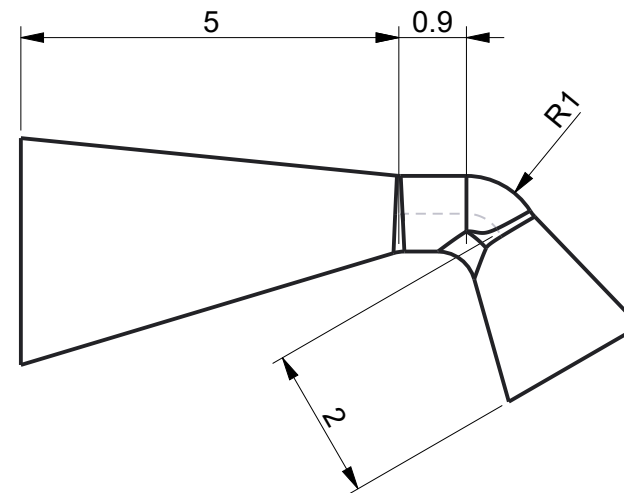
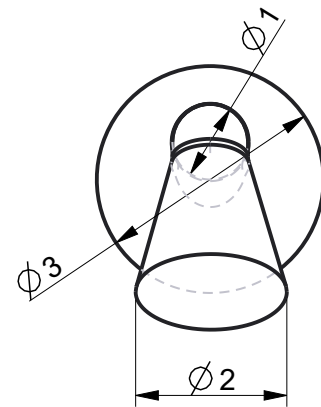
A3



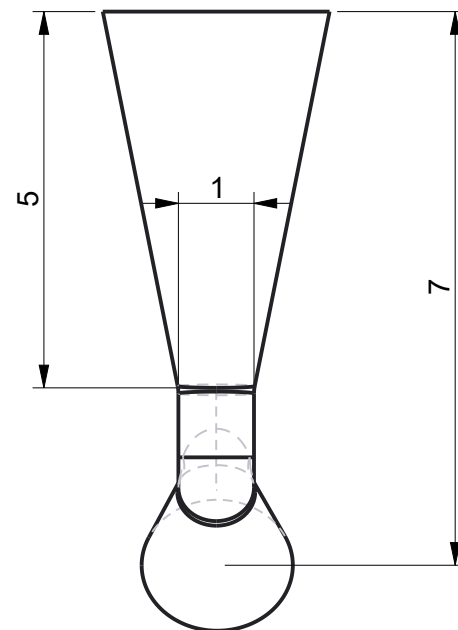


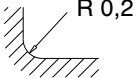
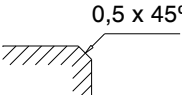


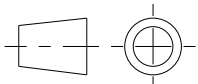
ESCALA 1:2

Material: <b>Fusta d'avet</b>	Toleràncies generals (cm)		Acords no indicats  	 Escola Politecnica Superior	 Universitat de Lleida
Massa (kg): <b>0,124</b>					
Unitats del dibuix: cm	Dimensió	Tolerància		Descripció  <b>Lleva de la zona posterior de l'orella del dispositiu "Herminio"</b>	
Tractament superficial:	0 - 10	± 0,1			
	10 - 50	± 0,2			
	50 - 200	± 0,8			
Autor:	> 200	± 1	Referència  <b>Plànol 4/23</b>		
Santiago Maestro	Rugositat no indicada:				
Data:			Escala: <b>1:2</b>	Revisió: <b>1</b>	Full: <b>1/1</b>
Juny de 2018			Format: <b>A3</b>		

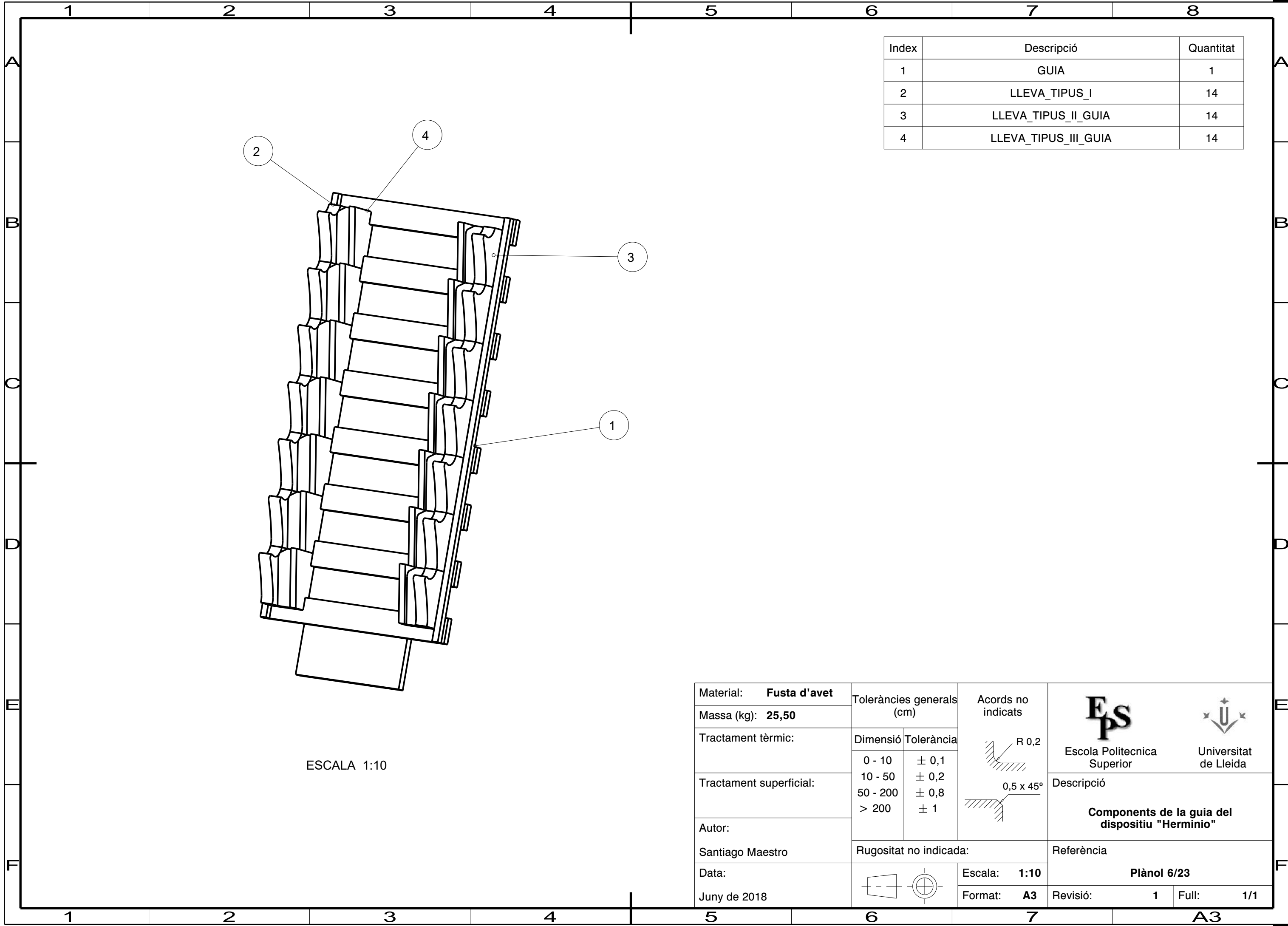


ESCALA 1:1

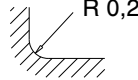
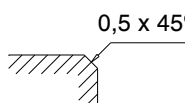


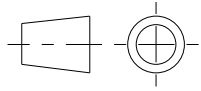


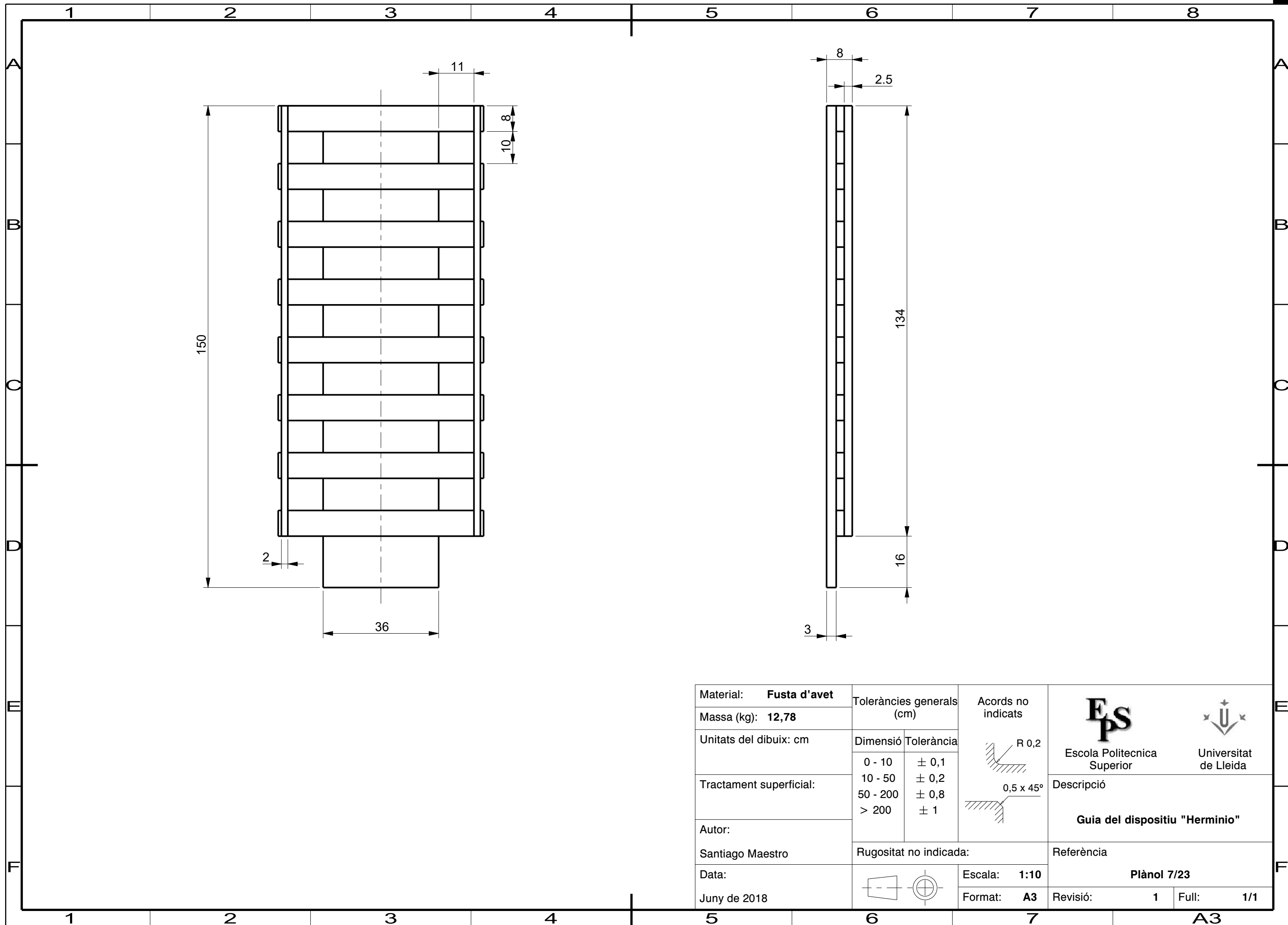
Material: <b>Fusta d'avet</b>	Toleràncies generals (cm)		Acords no indicats  	 Escola Politecnica Superior		 Universitat de Lleida	
Massa (kg): <b>0,01</b>				Descripció  <b>Subjecció de l'orella del cos del dispositiu "Herminio"</b>			
Unitats del dibuix: cm	Dimensió	Tolerància					
Tractament superficial:	0 - 10	± 0,1					
	10 - 50	± 0,2					
Autor:	50 - 200	± 0,8					
	> 200	± 1					
Santiago Maestro	Rugositat no indicada:			Referència  <b>Plànol 5/23</b>			
Data:							
Juny de 2018				Escala: <b>1:1</b>	Revisió: <b>1</b> Full: <b>1/1</b>		
				Format: <b>A3</b>			

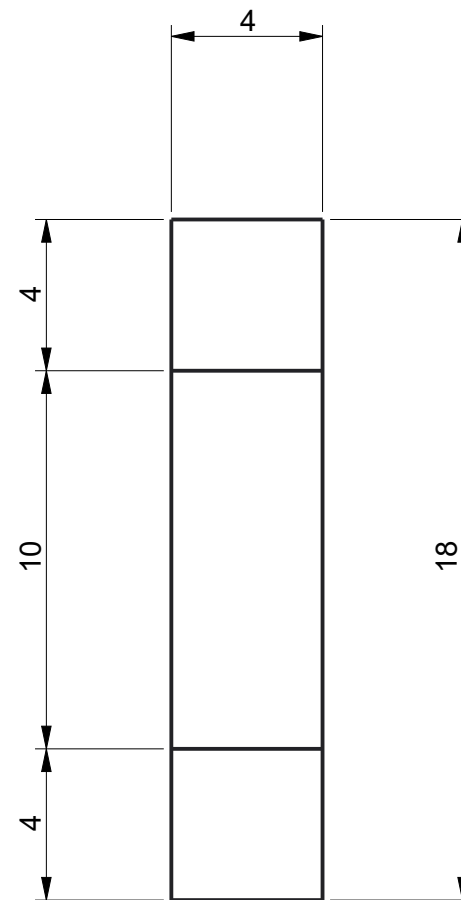
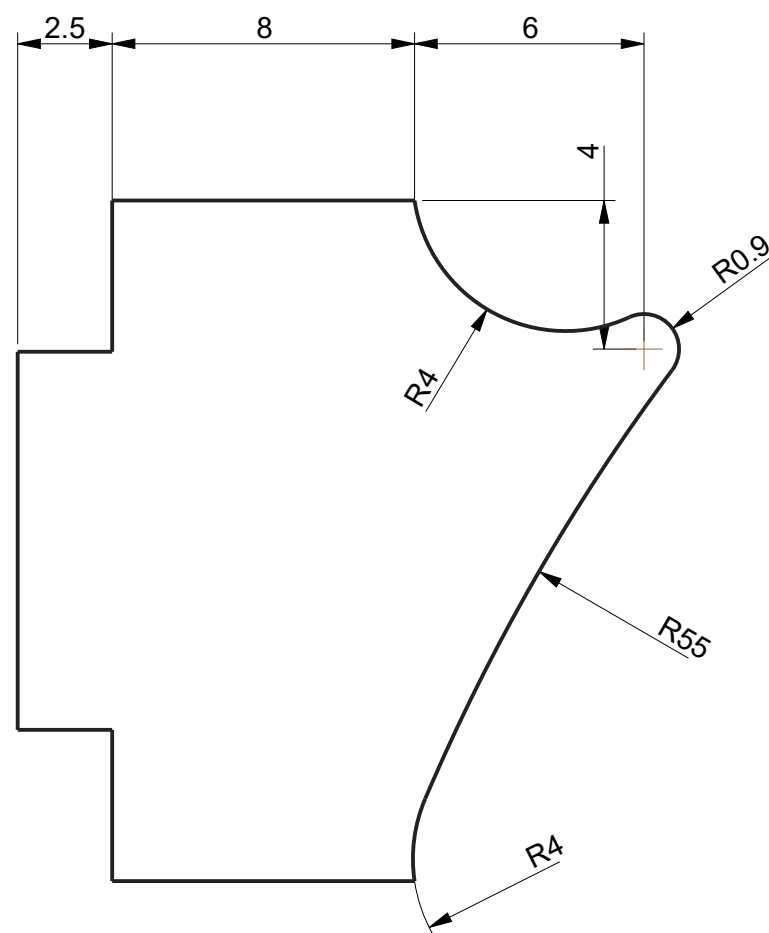
A3





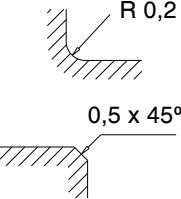
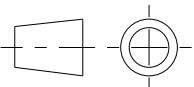
Index	Descripció	Quantitat
1	GUIA	1
2	LLEVA_TIPUS_I	14
3	LLEVA_TIPUS_II_GUIA	14
4	LLEVA_TIPUS_III_GUIA	14

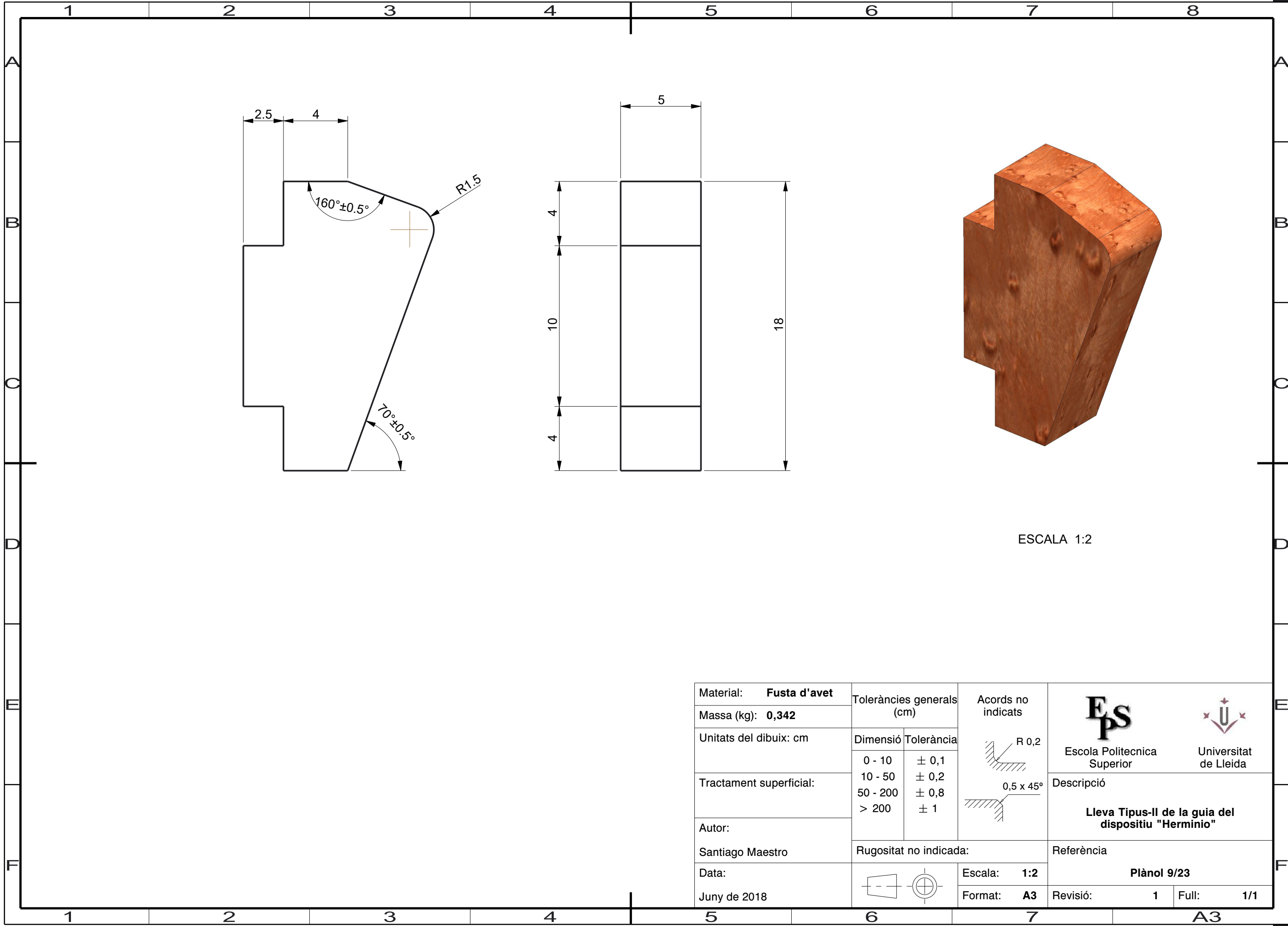
Material: <b>Fusta d'avet</b>	Toleràncies generals (cm)		<div>Acords no indicats</div> <div> R 0,2</div> <div> 0,5 x 45°</div>	<div></div> <div>Escola Politecnica Superior</div>		<div></div> <div>Universitat de Lleida</div>	
Massa (kg): <b>25,50</b>				<div>Descripció</div> <div><b>Components de la guia del dispositiu "Herminio"</b></div>			
Tractament tèrmic:	Dimensió	Tolerància					
	0 - 10	± 0,1					
	10 - 50	± 0,2					
Tractament superficial:	50 - 200	± 0,8		<div>Referència</div> <div><b>Plànol 6/23</b></div>			
	> 200	± 1					
Autor:	Rugositat no indicada:						
Santiago Maestro							
Data:			Escala: <b>1:10</b>				
Juny de 2018			Format: <b>A3</b>				
			Revisió: <b>1</b>	Full: <b>1/1</b>			

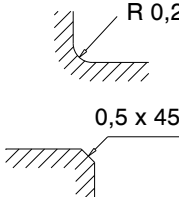


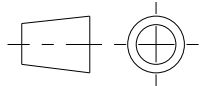


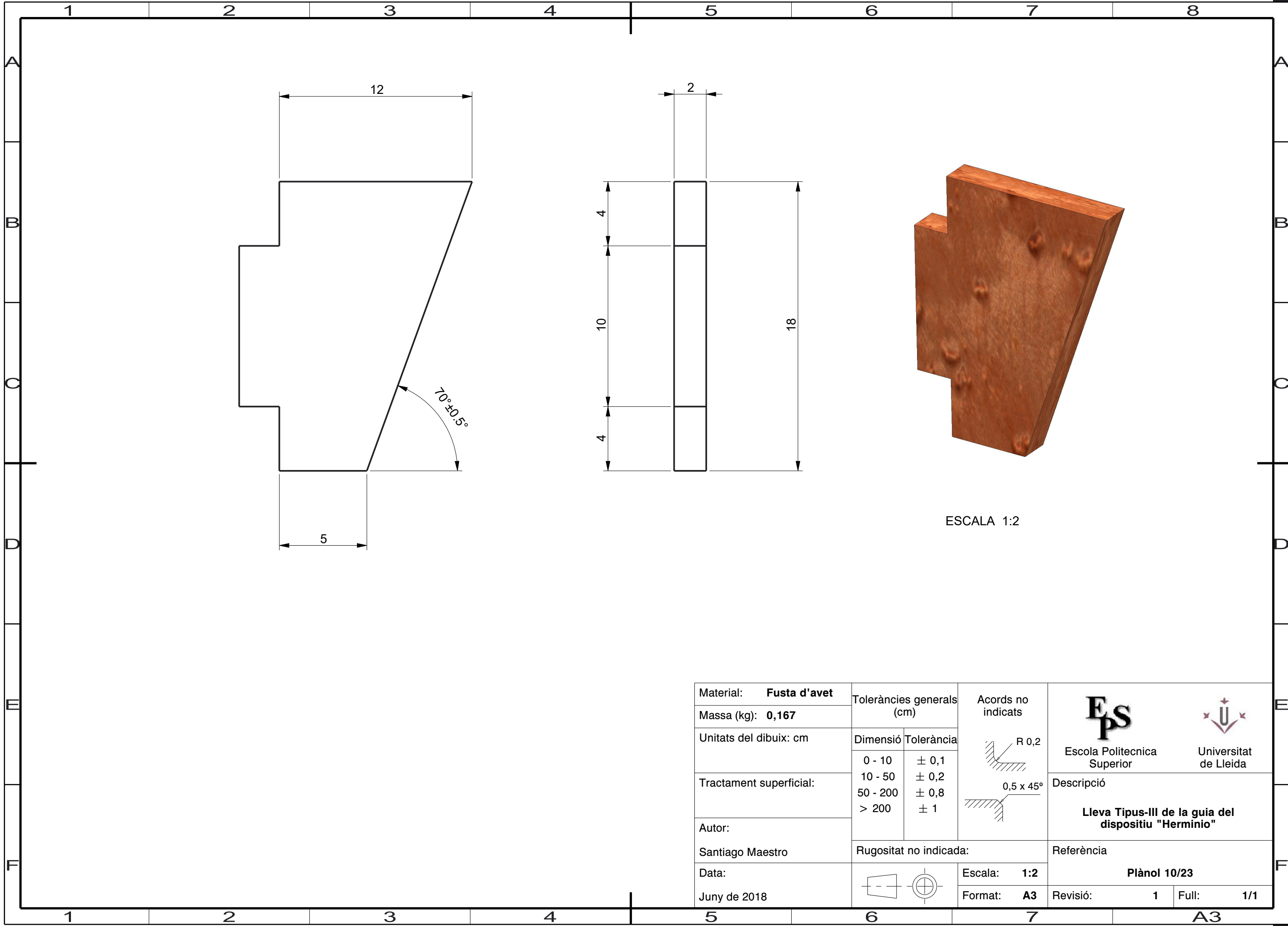


ESCALA 1:2

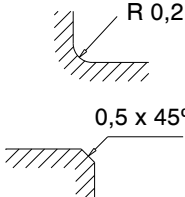


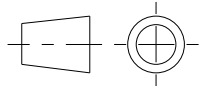
Material: <b>Fusta d'avet</b>	Toleràncies generals (cm)		Acords no indicats	<div><div>Escola Politecnica Superior</div><div>Universitat de Lleida</div></div>	
Massa (kg): <b>0,399</b>					
Unitats del dibuix: cm	Dimensió	Tolerància	<div></div>	Descripció	
Tractament superficial:	0 - 10	± 0,1			
	10 - 50	± 0,2			
	50 - 200	± 0,8			
Autor:	> 200	± 1	Lleva Tipus-I de la guia del dispositiu "Herminio"		
Santiago Maestro	Rugositat no indicada:		Referència		
Data:			Escala: <b>1:2</b>	Plànol 8/23	
Juny de 2018			Format: <b>A3</b>		

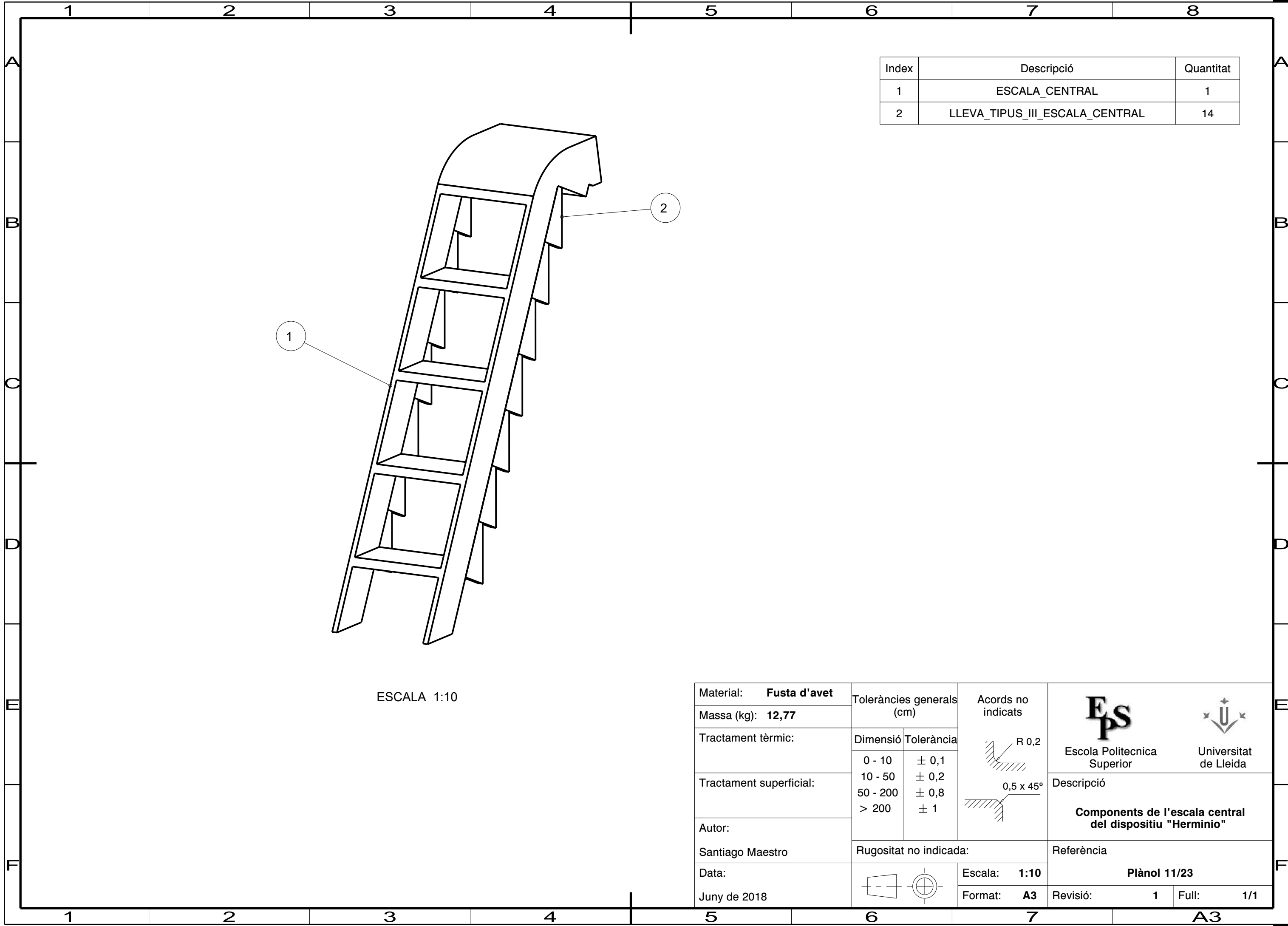


Material: <b>Fusta d'avet</b>	Toleràncies generals (cm)		Acords no indicats 	 Escola Politecnica Superior	 Universitat de Lleida	
Massa (kg): <b>0,342</b>						
Unitats del dibuix: cm	Dimensió	Tolerància		Descripció  <b>Lleva Tipus-II de la guia del dispositiu "Herminio"</b>		
Tractament superficial:	0 - 10 10 - 50 50 - 200 > 200	± 0,1 ± 0,2 ± 0,8 ± 1				
Autor:	Rugositat no indicada: 		Referència  <b>Plànol 9/23</b>			
Santiago Maestro						
Data:	Escala: <b>1:2</b>	Revisió: <b>1</b>		Full: <b>1/1</b>		
Juny de 2018	Format: <b>A3</b>					



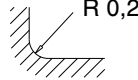
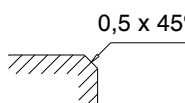


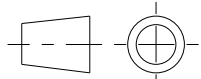
ESCALA 1:2

Material: <b>Fusta d'avet</b>	Toleràncies generals (cm)		Acords no indicats 			
Massa (kg): <b>0,167</b>						
Unitats del dibuix: cm	Dimensió	Tolerància		Descripció  <b>Lleva Tipus-III de la guia del dispositiu "Herminio"</b>		
Tractament superficial:	0 - 10	± 0,1				
	10 - 50	± 0,2				
	50 - 200	± 0,8				
Autor:	> 200	± 1	Referència  <b>Plànol 10/23</b>			
Santiago Maestro	Rugositat no indicada:			Revisió: <b>1</b>	Full: <b>1/1</b>	
Data:		Escala: <b>1:2</b>				
Juny de 2018		Format: <b>A3</b>				

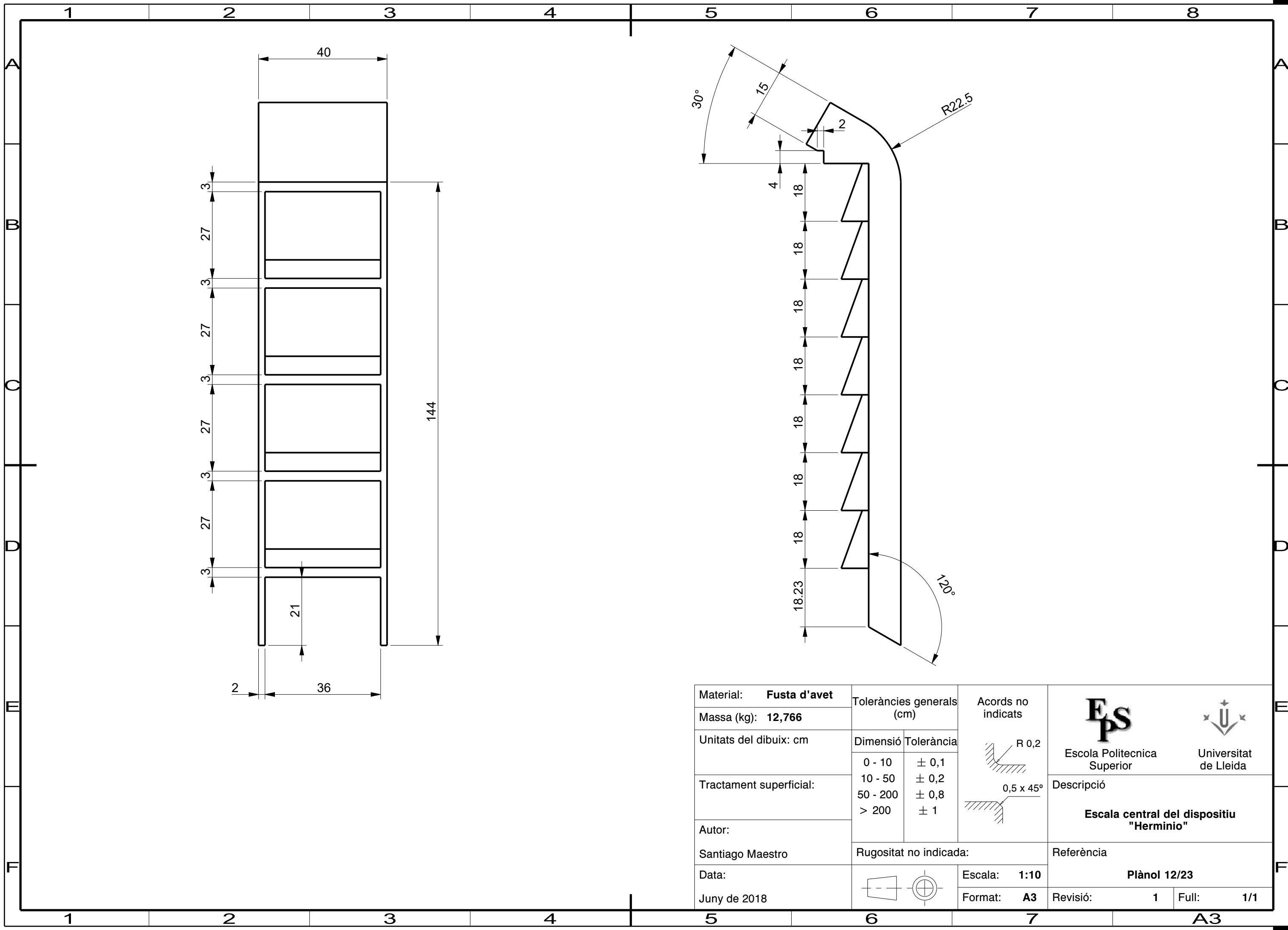


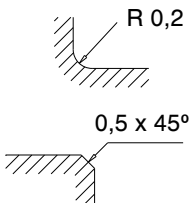


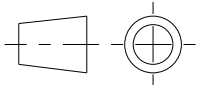
Index	Descripció	Quantitat
1	ESCALA_CENTRAL	1
2	LLEVA_TIPUS_III_ESCALA_CENTRAL	14

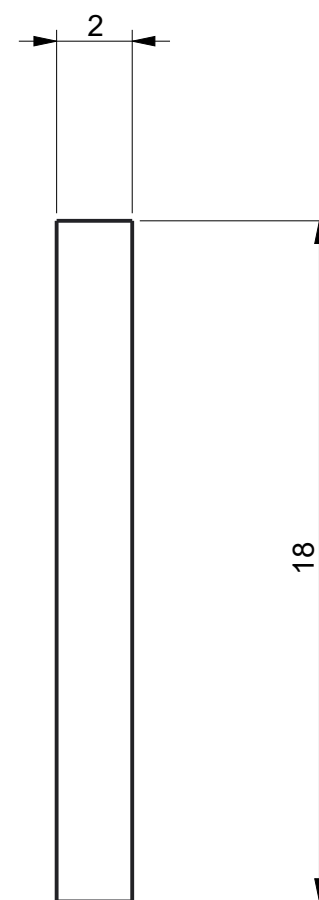
ESCALA 1:10

Material: <b>Fusta d'avet</b>	Toleràncies generals (cm)		<div>Acords no indicats</div> <div> R 0,2</div> <div> 0,5 x 45°</div>	<div></div> <div>Escola Politecnica Superior</div>		<div></div> <div>Universitat de Lleida</div>	
Massa (kg): <b>12,77</b>				Descripció			
Tractament tèrmic:	Dimensió	Tolerància		<b>Components de l'escala central del dispositiu "Herminio"</b>			
Tractament superficial:	0 - 10	± 0,1					
	10 - 50	± 0,2					
	50 - 200	± 0,8					
> 200	± 1						
Autor:							
Santiago Maestro	Rugositat no indicada:			Referència			
Data:			Escala: <b>1:10</b>	<b>Plànol 11/23</b>			
Juny de 2018			Format: <b>A3</b>	Revisió:	<b>1</b>	Full:	<b>1/1</b>



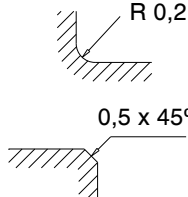
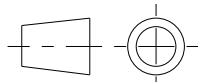


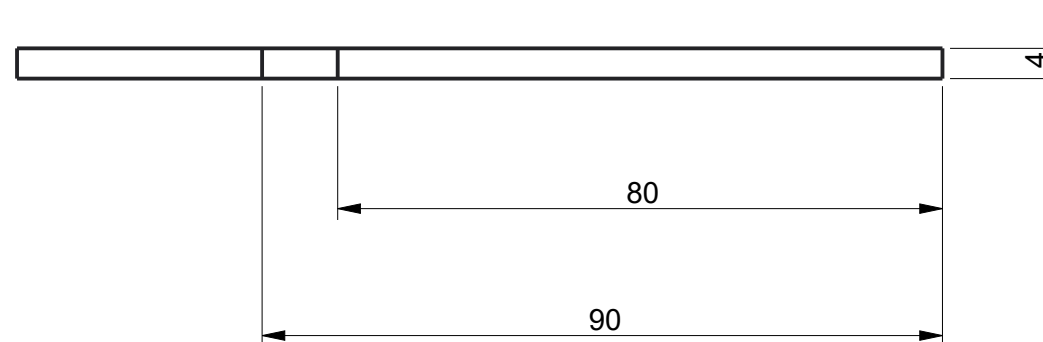
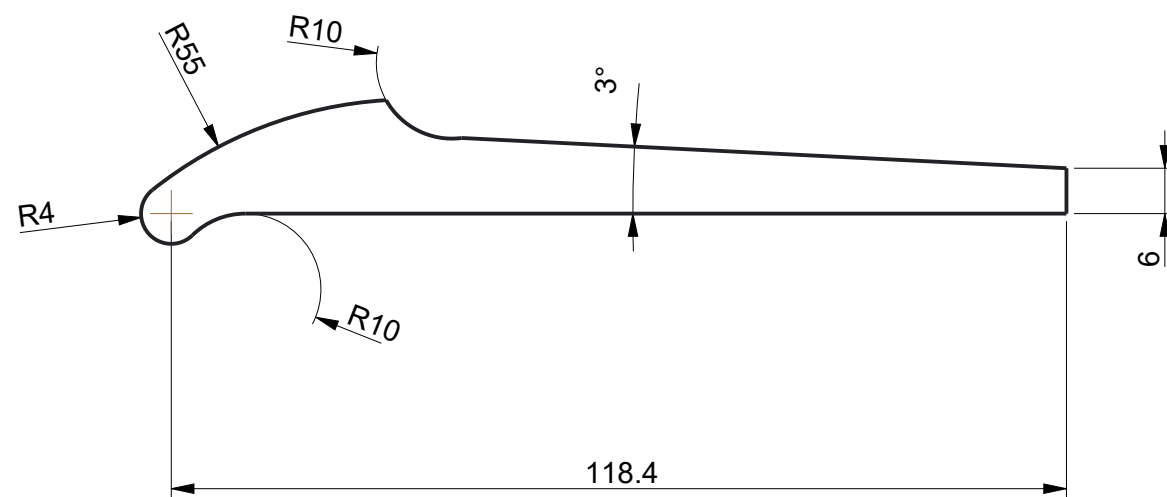


Material: <b>Fusta d'ayet</b>	Toleràncies generals (cm)		Acords no indicats  			
Massa (kg): <b>12,766</b>						
Unitats del dibuix: cm	Dimensió	Tolerància		Descripció  <b>Escala central del dispositiu "Herminio"</b>		
Tractament superficial:	0 - 10	± 0,1				
	10 - 50	± 0,2				
	50 - 200	± 0,8				
	> 200	± 1				
Autor:				Referència  <b>Plànol 12/23</b>		
Santiago Maestro	Rugositat no indicada:					
Data:			Escala: <b>1:10</b>	Revisió: <b>1</b> Full: <b>1/1</b>		
Juny de 2018			Format: <b>A3</b>			

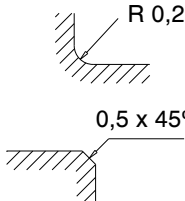


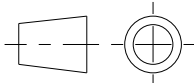


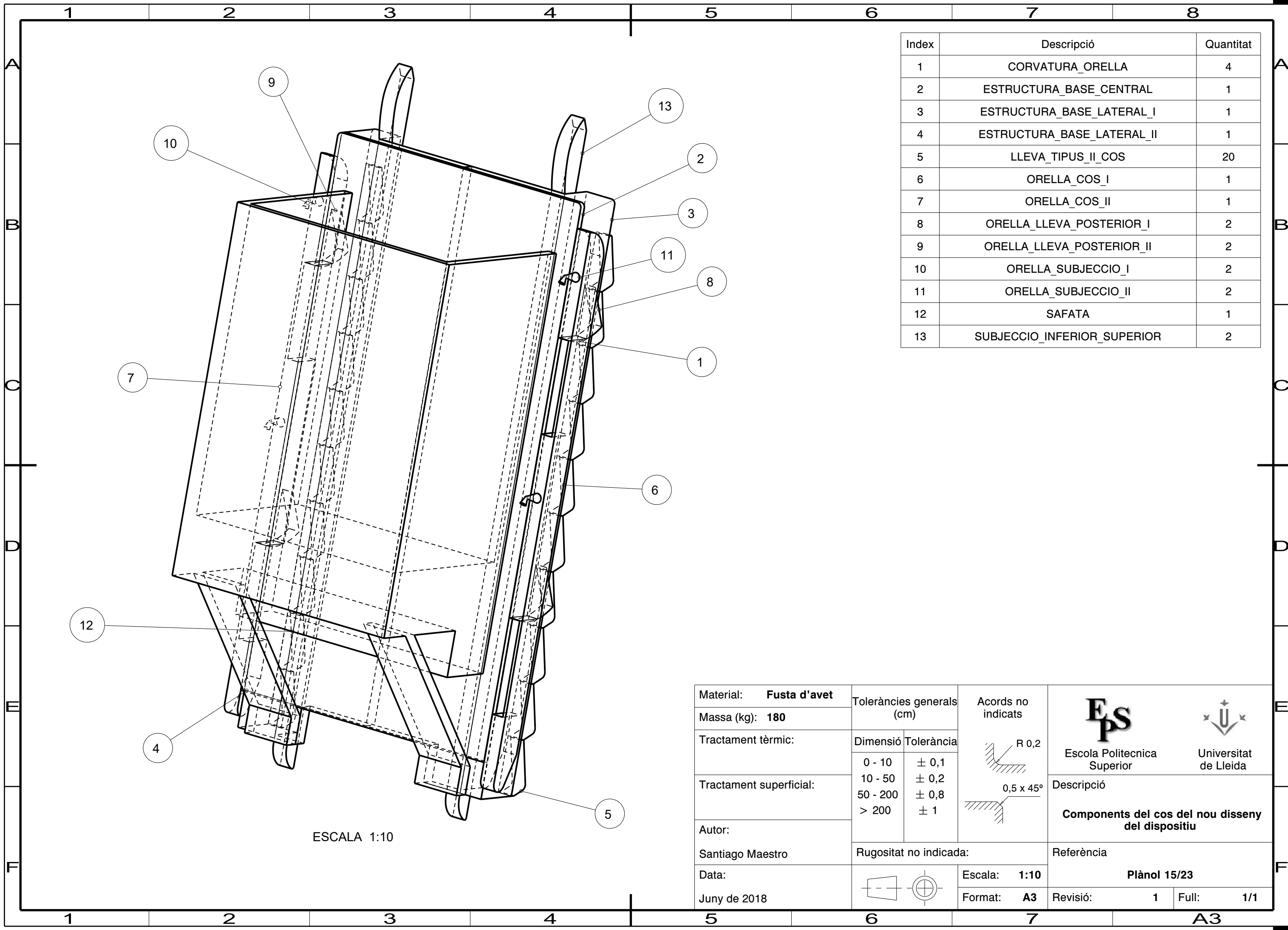
ESCALA 1:2

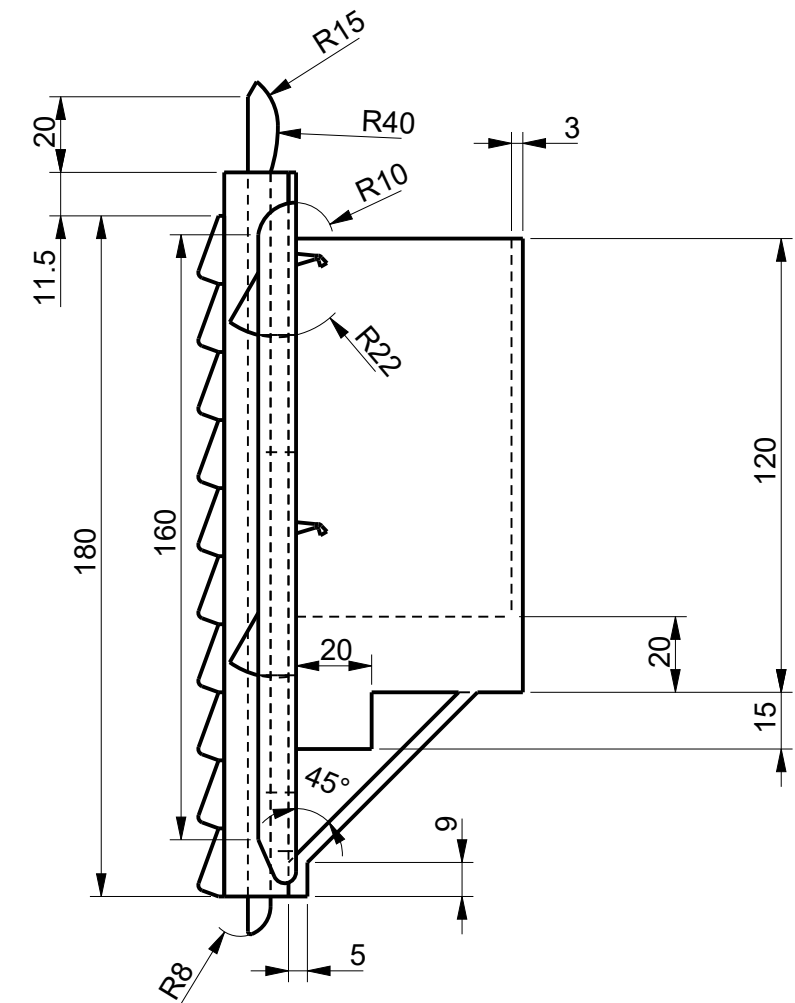
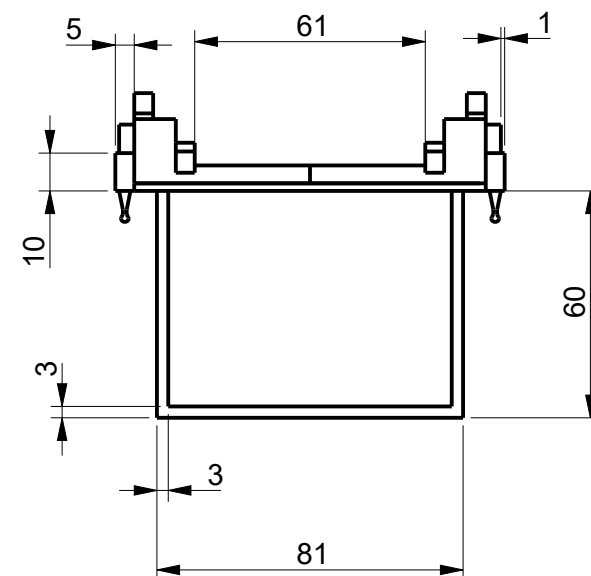
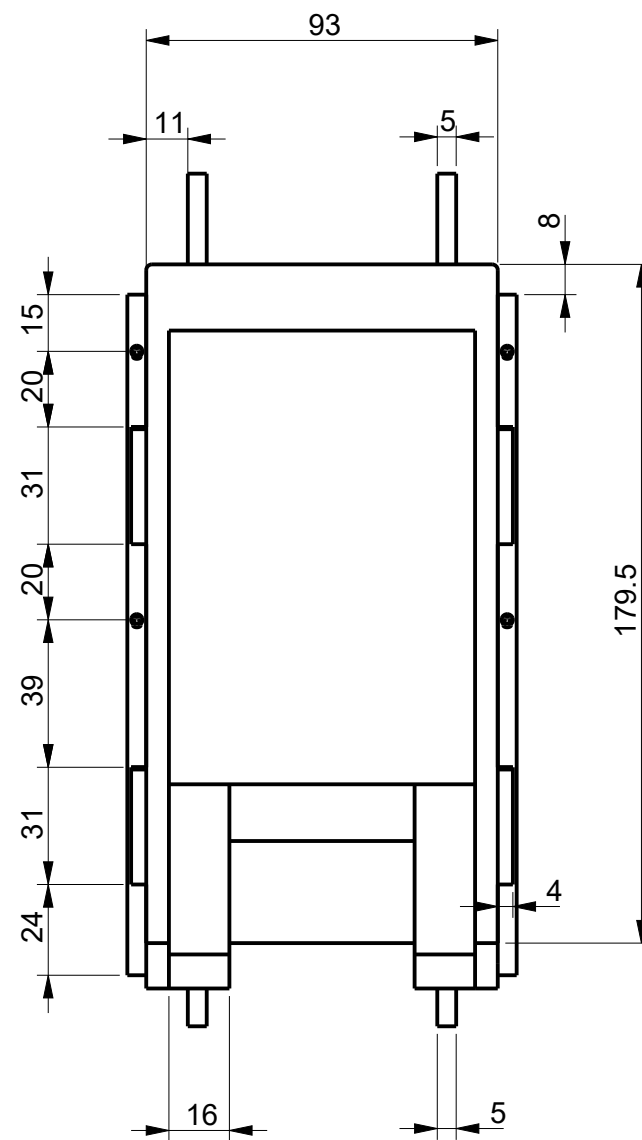
Material: <b>Fusta d'ayet</b>	Toleràncies generals (cm)		Acords no indicats		
Massa (kg): <b>0,087</b>					
Unitats del dibuix: cm	Dimensió	Tolerància		Escola Politecnica Superior Universitat de Lleida	
Tractament superficial:	0 - 10	± 0,1			
	10 - 50	± 0,2			
	50 - 200	± 0,8			
	> 200	± 1	Descripció		
Autor:				<b>Lleva Tipus-III de l'escala central del dispositiu "Herminio"</b>	
Santiago Maestro	Rugositat no indicada:			Referència	
Data:			Escala: <b>1:2</b>	<b>Plànol 13/23</b>	
Juny de 2018			Format: <b>A3</b>		

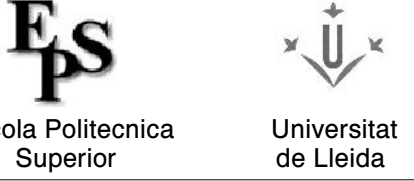
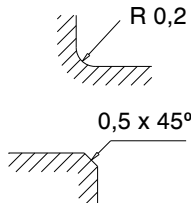
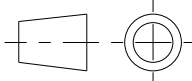


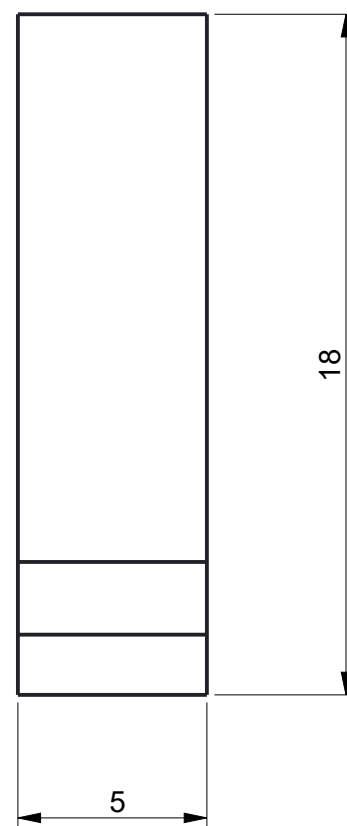
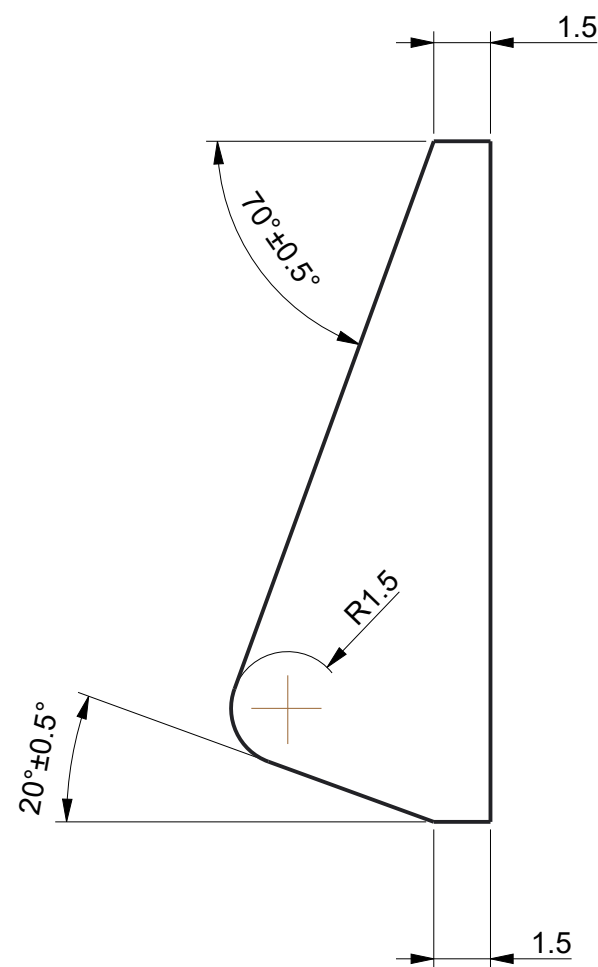
ESCALA 1:10

Material: <b>Fusta d'avet</b>	Toleràncies generals (cm)		Acords no indicats  		
Massa (kg): <b>2,063</b>					
Unitats del dibuix: cm	Dimensió	Tolerància		Escola Politecnica Superior	Universitat de Lleida
Tractament superficial:	0 - 10	± 0,1			
	10 - 50	± 0,2			
	50 - 200	± 0,8			
	> 200	± 1			
Autor:	Rugositat no indicada:			Descripció  <b>Palanca del dispositiu "Herminio"</b>	
Santiago Maestro					
Data:			Escala: <b>1:10</b>	Referència  <b>Plànol 14/23</b>	
Juny de 2018			Format: <b>A3</b>		

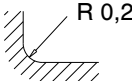
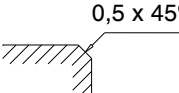


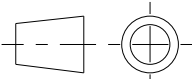




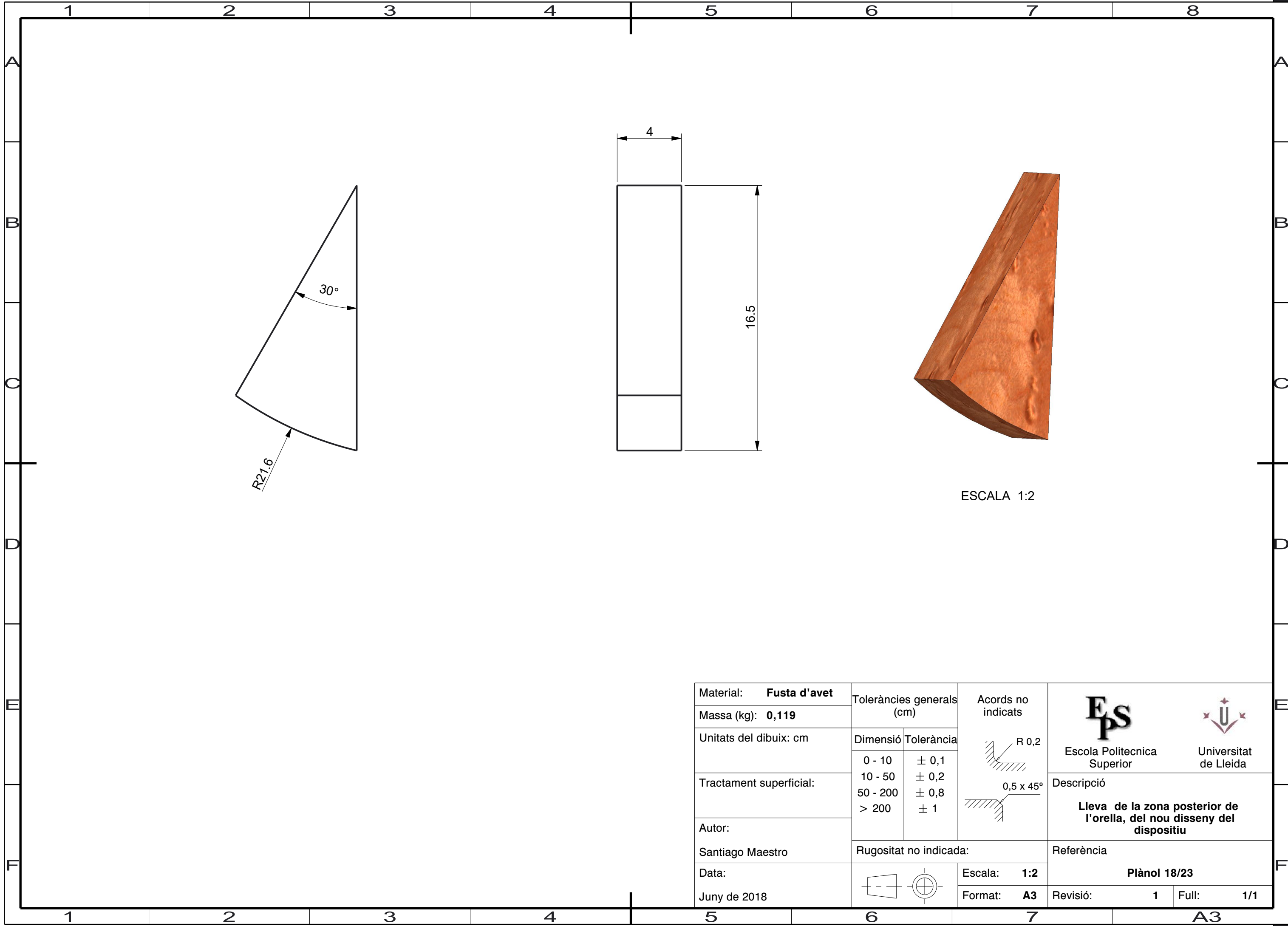
Material: <b>Fusta d'avet</b>	Toleràncies generals (cm)		Acords no indicats	
Massa (kg): <b>180</b>				
Unitats del dibuix: cm	Dimensió	Tolerància		Descripció
Tractament superficial:	0 - 10	± 0,1		
	10 - 50	± 0,2		Cos del nou disseny del dispositiu
	50 - 200	± 0,8		
	> 200	± 1		
Autor:	Rugositat no indicada:		Escala: <b>1:20</b>	Referència
Santiago Maestro				
Data:			Format: <b>A3</b>	Plànol 16/23
Juny de 2018			Revisió: <b>1</b>	
			Full: <b>1/1</b>	

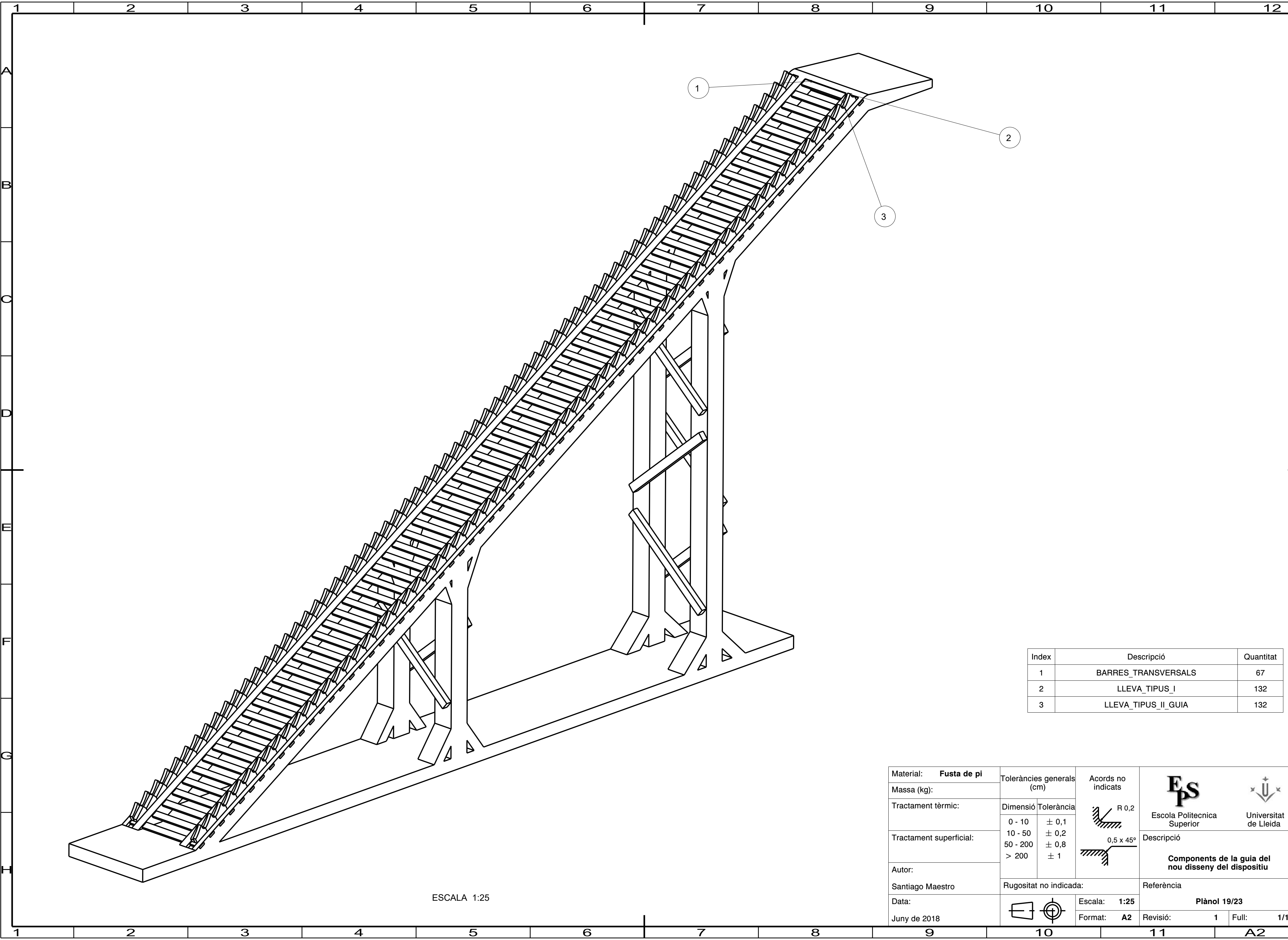


ESCALA 1:2

Material: <b>Fusta d'abet</b>	Toleràncies generals (cm)		Acords no indicats  	 Escola Politecnica Superior	 Universitat de Lleida	
Massa (kg): <b>0,181</b>						
Unitats del dibuix: cm	Dimensió	Tolerància		Descripció <b>Lleva Tipus-II del cos del nou disseny del dispositiu</b>		
Tractament superficial:	0 - 10 10 - 50 50 - 200 > 200	± 0,1 ± 0,2 ± 0,8 ± 1				
Autor:	Rugositat no indicada: 		Escala: <b>1:2</b>	Referència <b>Plànol 17/23</b>		
Santiago Maestro			Format: <b>A3</b>			Revisió: <b>1</b>
Data: Juny de 2018						


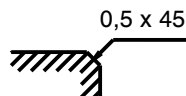


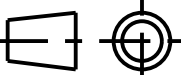
A3



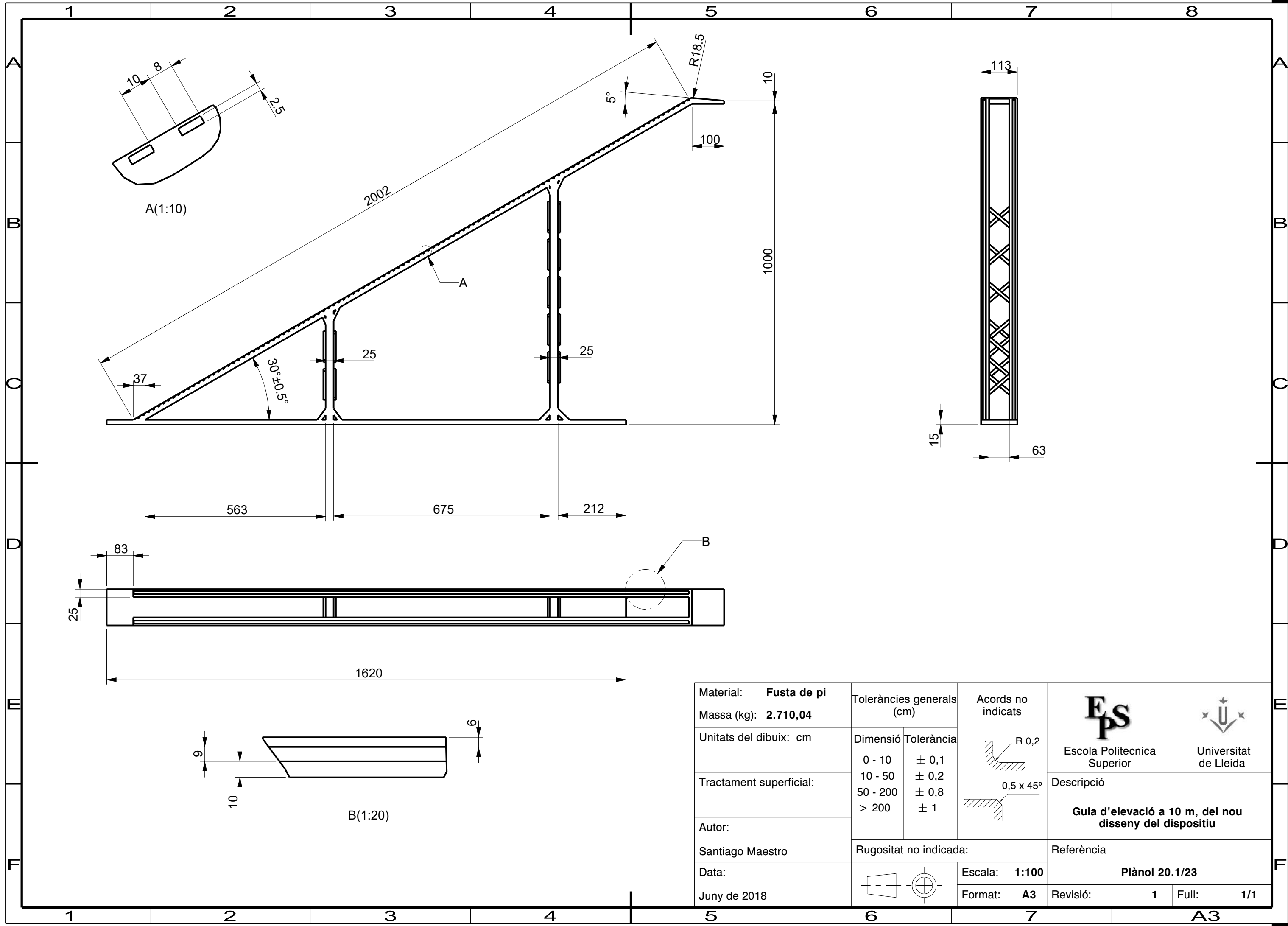


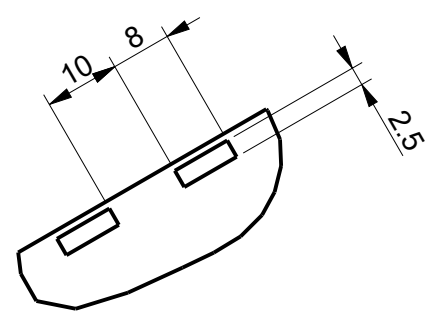
ESCALA 1:25

Index	Descripció	Quantitat
1	BARRES_TRANSVERSALS	67
2	LLEVA_TIPUS_I	132
3	LLEVA_TIPUS_II_GUIA	132

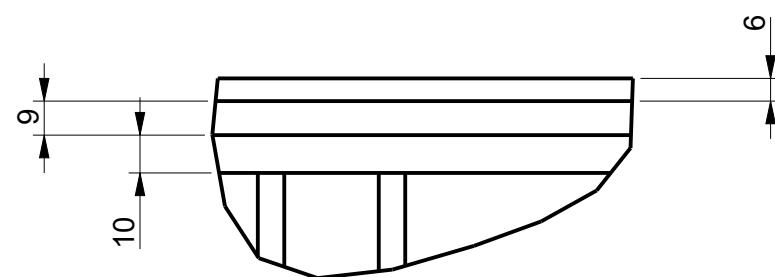
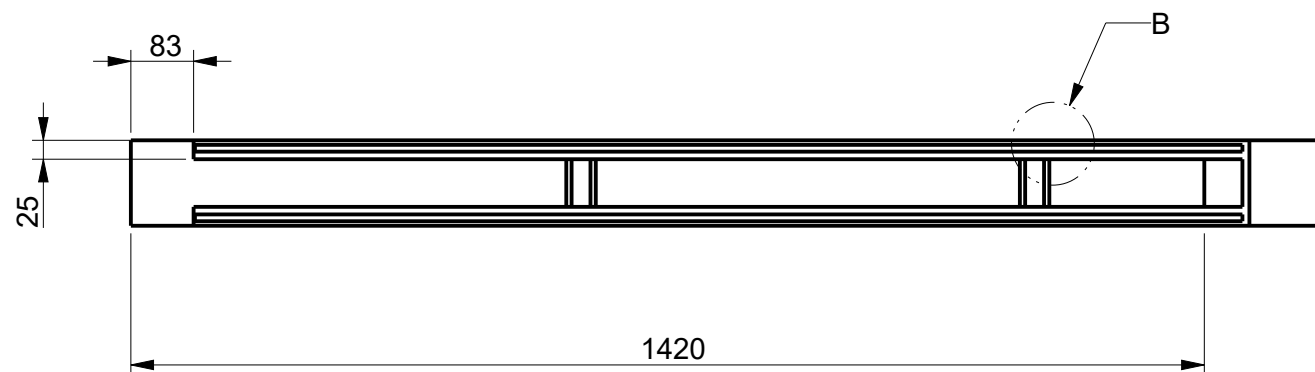
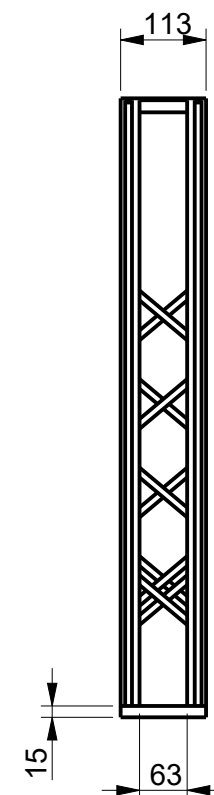
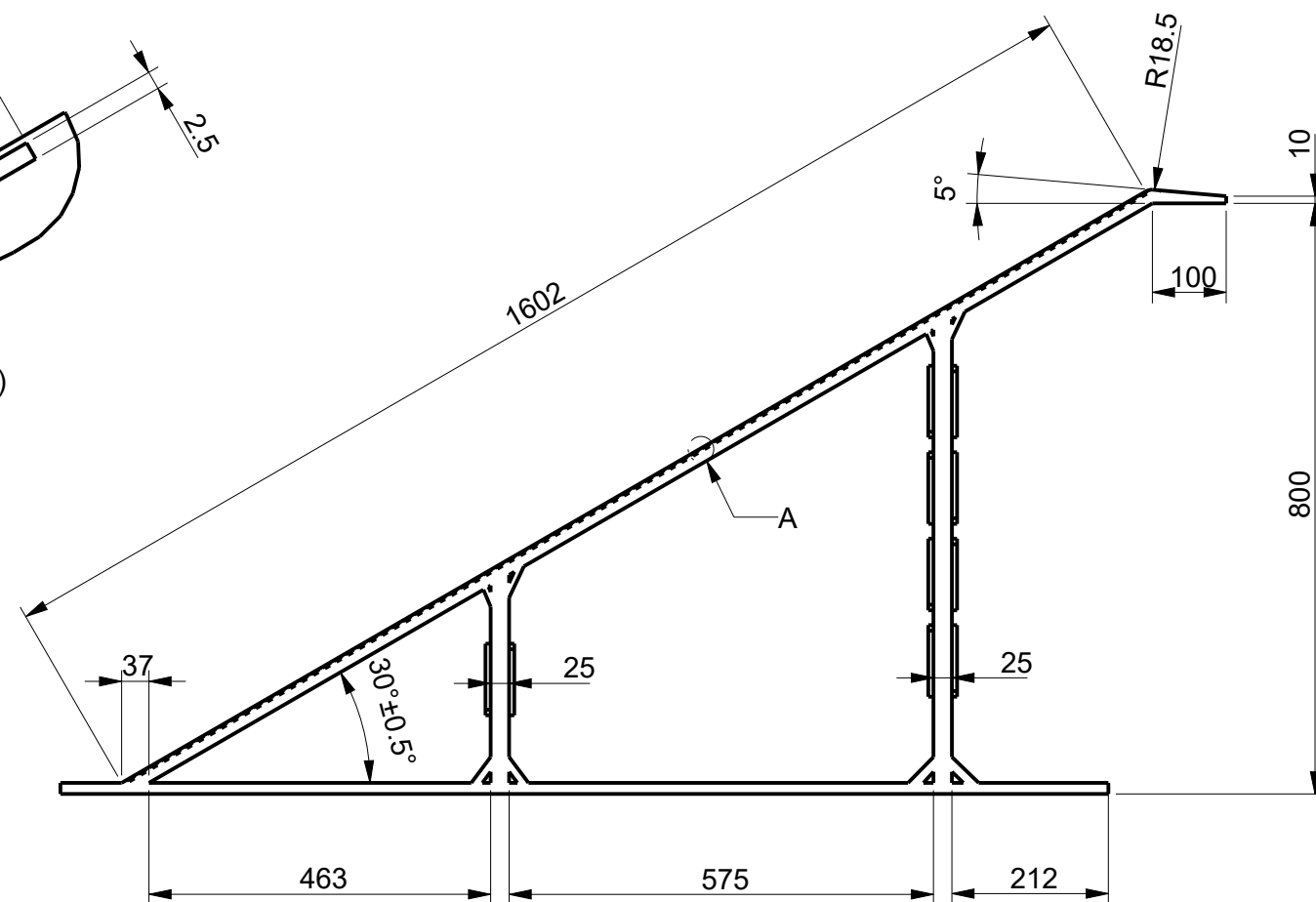
Material: <b>Fusta de pi</b>	Toleràncies generals (cm)		<div>Acords no indicats</div> <div> R 0,2</div> <div> 0,5 x 45°</div>	<div> Escola Politècnica Superior</div> <div> Universitat de Lleida</div>	
Massa (kg):					
Tractament tèrmic:	Dimensió	Tolerància		Descripció	
Tractament superficial:	0 - 10	± 0,1			
	10 - 50	± 0,2			
	50 - 200	± 0,8			
Autor:	> 200	± 1	Components de la guia del nou disseny del dispositiu		
Santiago Maestro	Rugositat no indicada:			Referència	
Data:		Escala: <b>1:25</b>		<b>Plànol 19/23</b>	
Juny de 2018		Format: <b>A2</b>		Revisió: <b>1</b>	Full: <b>1/1</b>



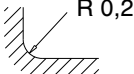
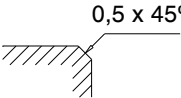


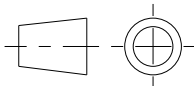


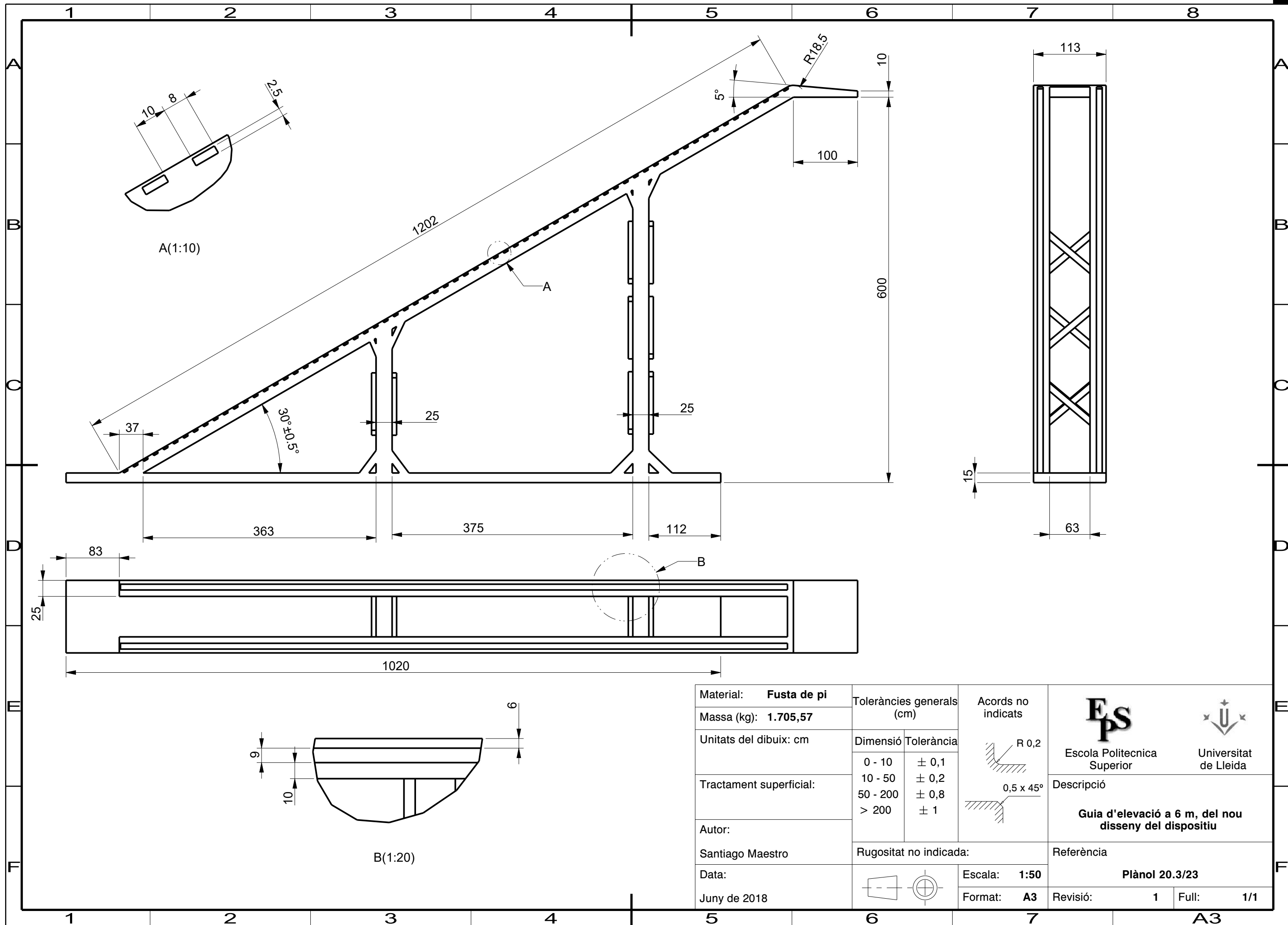


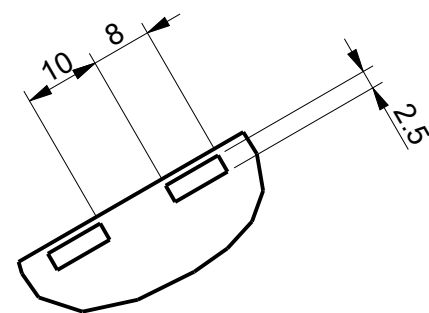
A(1:10)



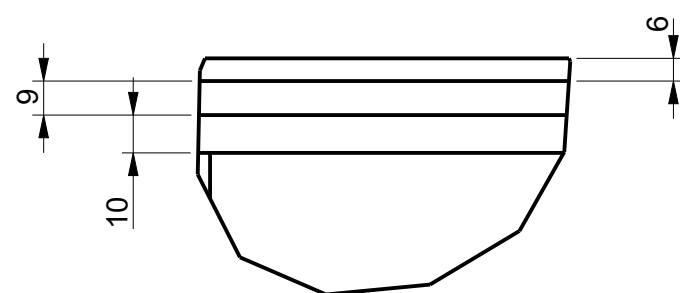
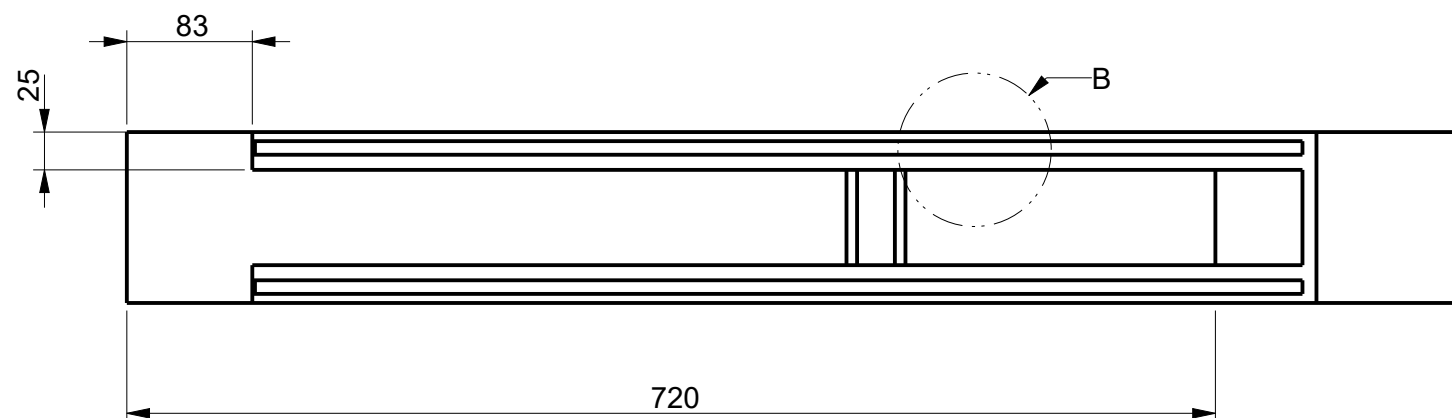
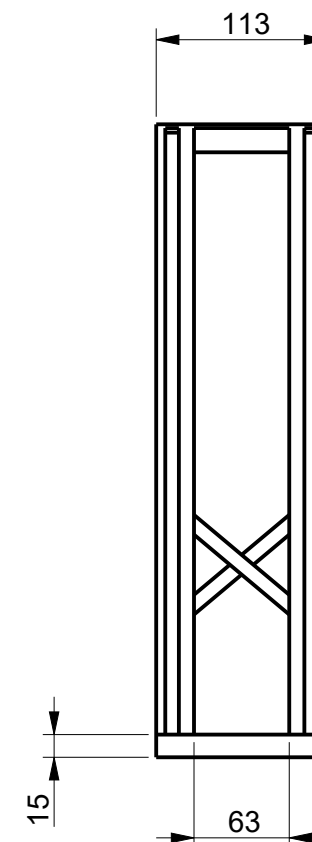
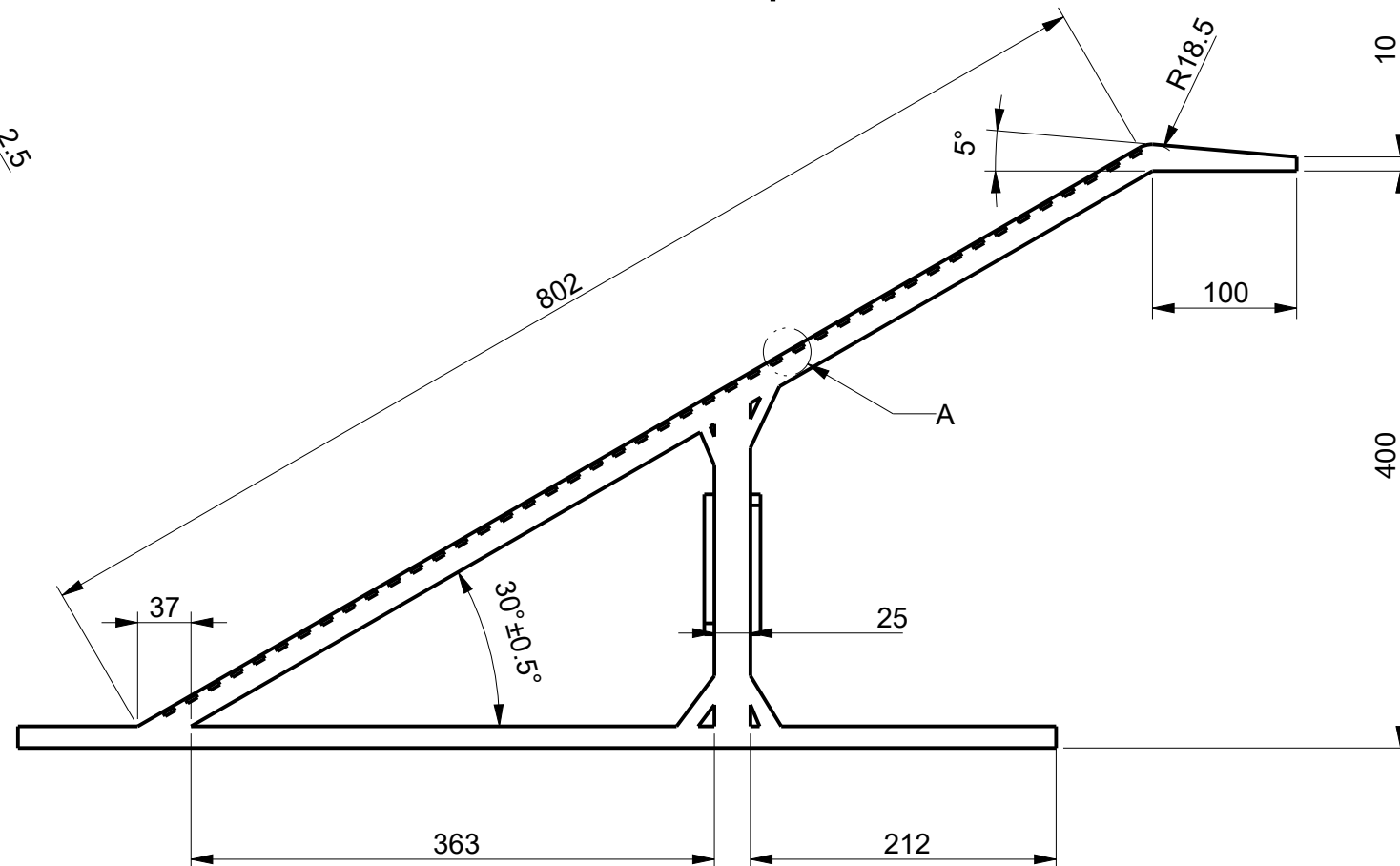
B(1:20)

Material: <b>Fusta de pi</b>	Toleràncies generals (cm)		Acords no indicats  	 Escola Politècnica Superior	 Universitat de Lleida
Massa (kg): <b>2.302,37</b>	Dimensió	Tolerància			
Unitats del dibuix: cm	0 - 10	± 0,1		Descripció  <b>Guia d'elevació a 8 m, del nou disseny del dispositiu</b>	
Tractament superficial:	10 - 50	± 0,2			
	50 - 200	± 0,8			
	> 200	± 1			
Autor:	Rugositat no indicada:			Referència	
Santiago Maestro				Plànol 20.2/23	
Data:				Escala: <b>1:100</b>	
Juny de 2018	Format: <b>A3</b>			Revisió: <b>1</b>	Full: <b>1/1</b>



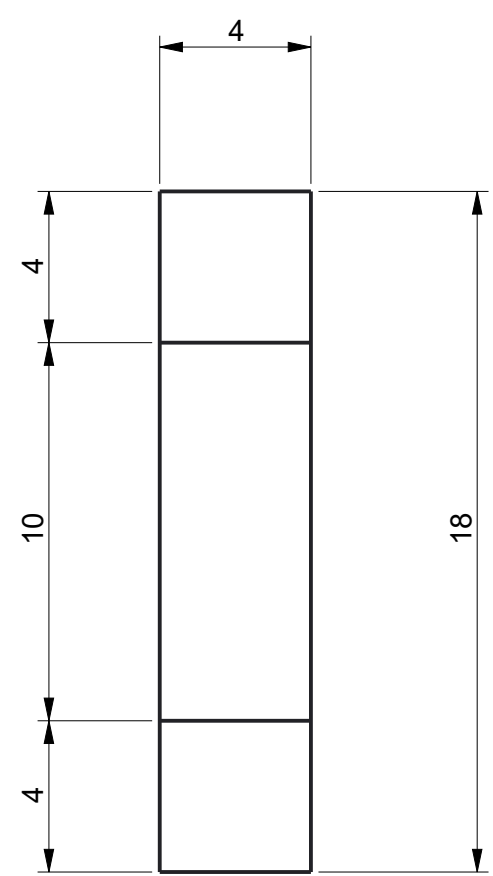
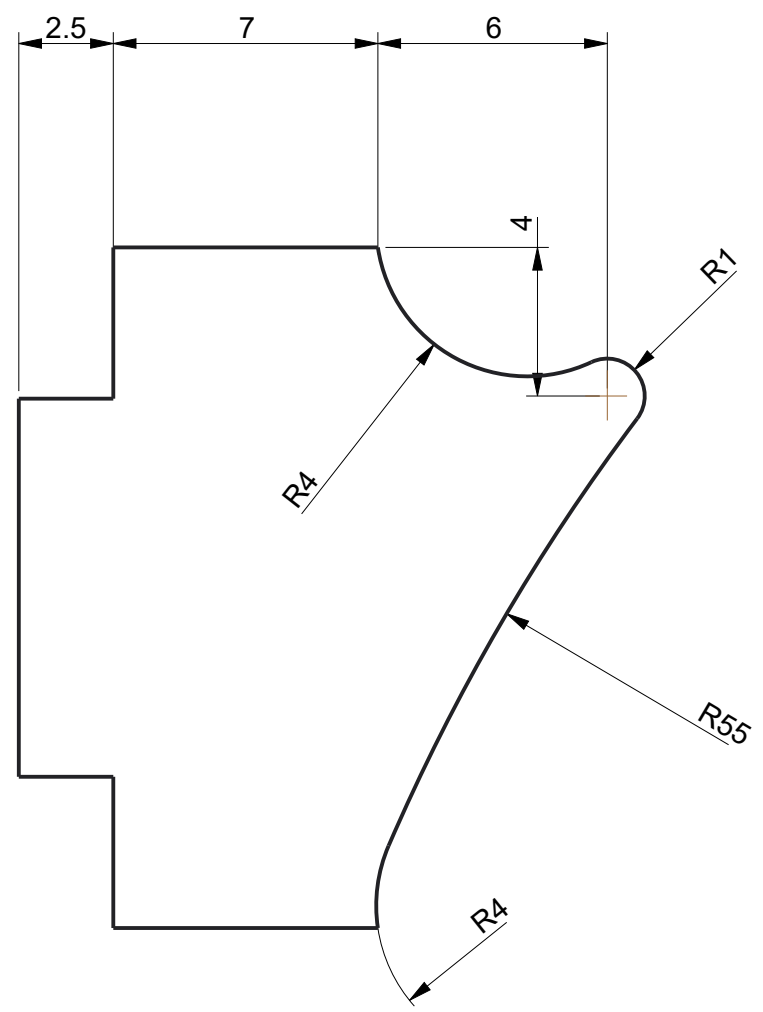


A(1:10)



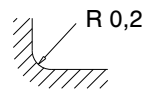
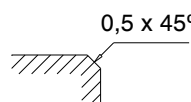
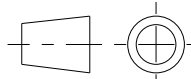


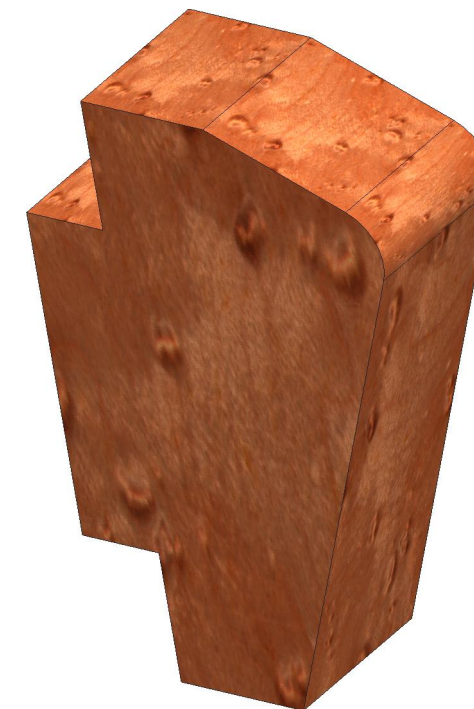
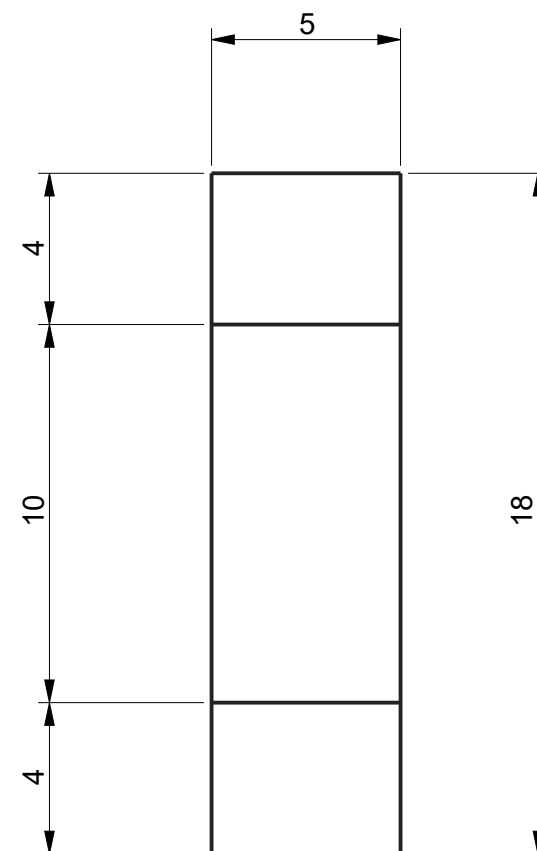
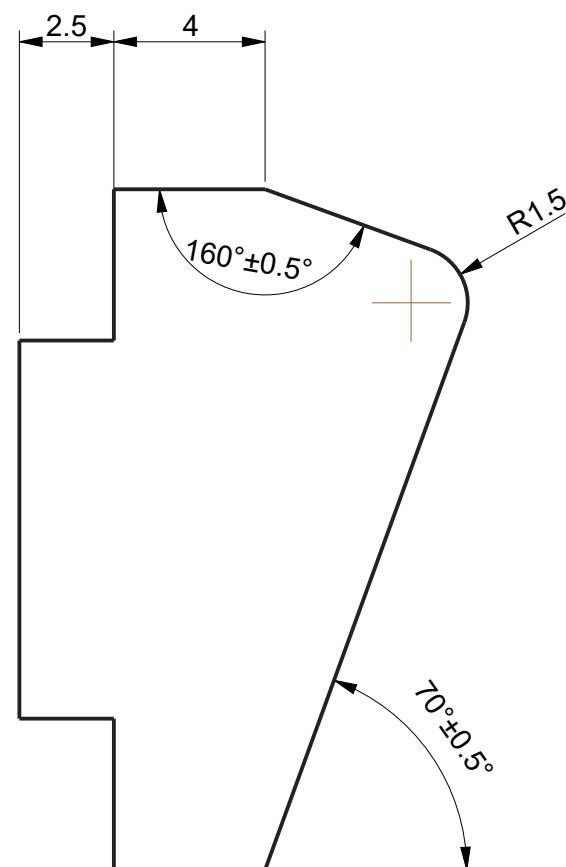
B(1:20)

Material: <b>Fusta de pi</b>	Toleràncies generals (cm)		Acords no indicats		
Massa (kg): <b>1.062,38</b>					
Unitats del dibuix: cm	Dimensió	Tolerància		Escola Politecnica Superior	Universitat de Lleida
Tractament superficial:	0 - 10	± 0,1			
	10 - 50	± 0,2			
	50 - 200	± 0,8			
	> 200	± 1			
Autor:	Rugositat no indicada:		Descripció		
Santiago Maestro				<b>Guia d'elevació a 4 m, del nou disseny del dispositiu</b>	
Data:			Referència		
Juny de 2018			Escala: <b>1:50</b>	<b>Plànol 20.4/23</b>	
	Format: <b>A3</b>	Revisió: <b>1</b>	Full: <b>1/1</b>		

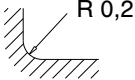
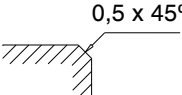


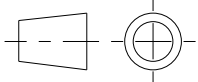


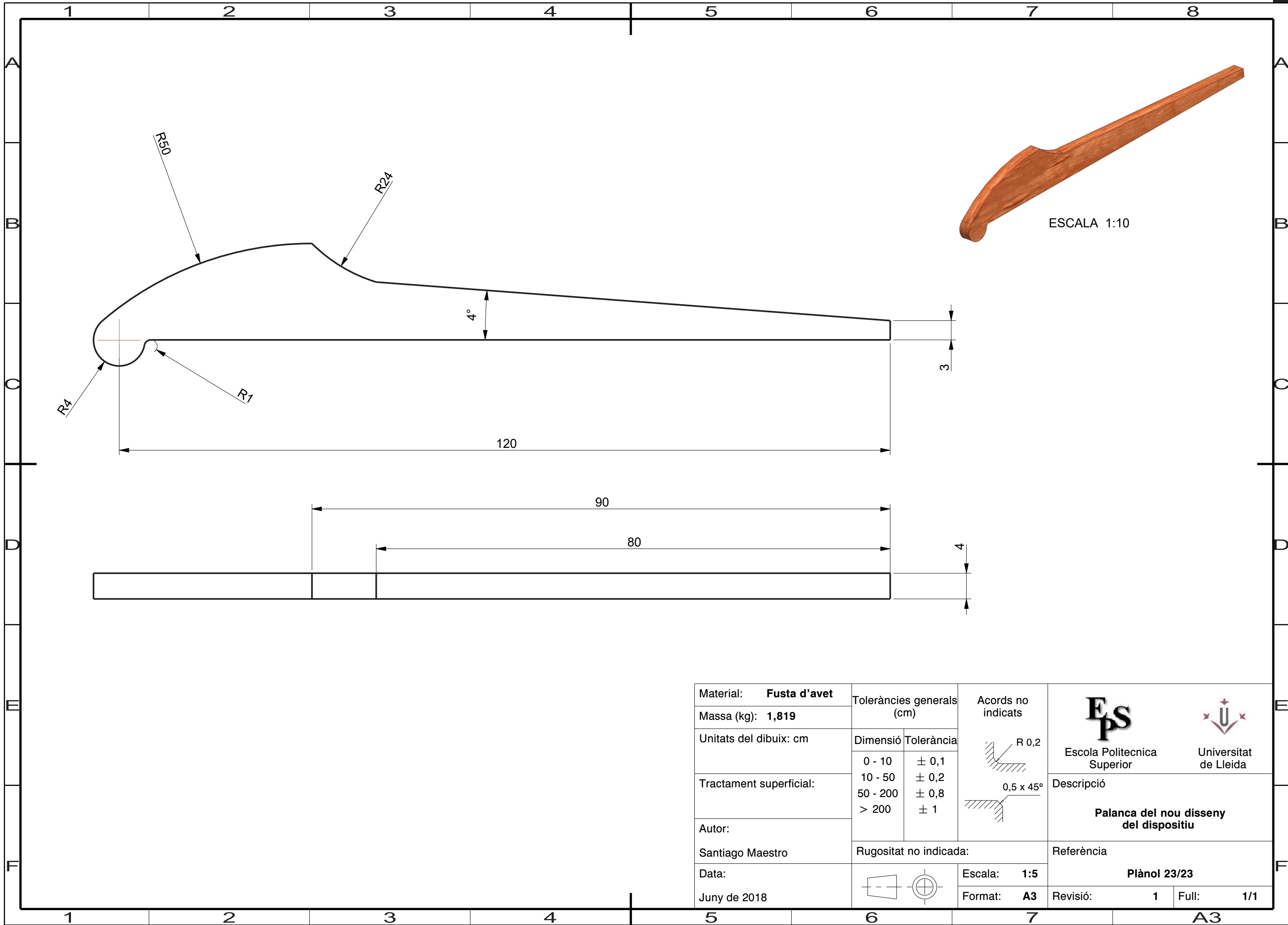
ESCALA 1:2

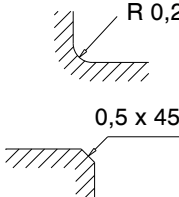


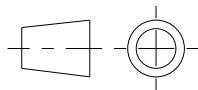
Material: <b>Fusta d'abet</b>	Toleràncies generals (cm)		Acords no indicats			
Massa (kg): <b>0,368</b>						
Unitats del dibuix: cm	Dimensió	Tolerància				Descripció
Tractament superficial:	0 - 10	± 0,1				
	10 - 50	± 0,2				
	50 - 200	± 0,8				
Autor:	> 200	± 1	 	<b>Lleva Tipus-I del nou disseny del dispositiu</b>		
Santiago Maestro	Rugositat no indicada:					Referència
Data:			Escala: <b>1:2</b>	<b>Plànol 21/23</b>		
Juny de 2018			Format: <b>A3</b>			Revisió: <b>1</b>



ESCALA 1:2

Material: <b>Fusta d'abet</b>	Toleràncies generals (cm)		Acords no indicats  	 Escola Politecnica Superior	 Universitat de Lleida
Massa (kg): <b>0,342</b>					
Unitats del dibuix: cm	Dimensió	Tolerància		Descripció  <b>Lleva Tipus-II del nou disseny del dispositiu</b>	
Tractament superficial:	0 - 10	± 0,1			
	10 - 50	± 0,2			
	50 - 200	± 0,8			
	> 200	± 1			
Autor:	Rugositat no indicada:			Referència	
Santiago Maestro					
Data:			Escala: <b>1:2</b>	<b>Plànol 22/23</b>	
Juny de 2018			Format: <b>A3</b>		



Material: <b>Fusta d'avet</b>	Toleràncies generals (cm)		Acords no indicats 	 Escola Politecnica Superior	 Universitat de Lleida	
Massa (kg): <b>1,819</b>						
Unitats del dibuix: cm	Dimensió	Tolerància		Descripció  <b>Palanca del nou disseny del dispositiu</b>		
Tractament superficial:	0 - 10	± 0,1				
	10 - 50	± 0,2				
	50 - 200	± 0,8				
Autor:	> 200	± 1	Referència  <b>Plànol 23/23</b>			
Santiago Maestro	Rugositat no indicada:					
Data:		Escala: <b>1:5</b>				
Juny de 2018		Format: <b>A3</b>	Revisió: <b>1</b>	Full: <b>1/1</b>		